

2015년도 국가교통조사 및 DB구축사업

여객교통수요 신뢰도 개선방안 연구

2015. 12



제 출 문

국토교통부장관 귀하

본 보고서를 국가정보화사업 중 「2015년도 국가교통조사 및 DB구축 사업」의 최종보고서를 제출합니다.

2015년 12월

한국교통연구원

원장 이 창 운

**본 『2015년도 국가교통조사 및 DB구축사업』은 다음
연구진에 의해 수행되었습니다.**

참 여 연 구 진

| <한국교통연구원> | |
|--------------------------|--|
| 연구책임자 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 김찬성 연구위원 |
| 연 구 진 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 박인기, 최정민, 정경옥 연구위원 ◦ 조종석, 박민철, 박용일, 이석주, 김주영, 황순연, 홍다희, 전승훈, 연지윤, 장동익, 김병관, 우왕희 부연구위원 ◦ 신영권, 성홍모, 김동호, 김진우, 김규진, 김정은, 강국수, 고두환, 김관용, 김성민, 김은미, 김진오, 박미란, 박준호, 변상진, 신동찬, 오연선, 이선아, 유연승, 이용철, 정성환, 정승연, 조용훈, 정현진, 주진호, 최서윤, 탁지훈, 홍성표 연구원 ◦ 신지현, 서유진 연구조원 ◦ 전윤미, 나선영, 소윤종, 윤황섭, 박선임 |
| <한국해양수산개발원> | |
| 연 구 진 | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 이호춘 전문연구원 ◦ 이건우 전문연구원 ◦ 이해진 연구원 |

『2015년도 국가교통조사 및 DB구축사업』

보고서 구성 및 담당연구진

| 번호 | 과제명 | 연구진 |
|------|----------------------------|--|
| 제 1권 | 요약보고서 | 박용일, 신영권, 박준호, 김규진, 신동찬 |
| 제 2권 | 전국 여객 O/D 보완갱신 | 조종석, 김병관, 강국수, 박미란 |
| 제 3권 | 여객 O/D 조사 예비조사 | 조종석, 김병관, 정현진 |
| 제 4권 | 여객교통수요 신뢰도 개선방안 연구 | 박인기, 천승훈, 김성민, 정성환 |
| 제 5권 | 장래교통계획DB 및 모니터링 체계구축 | 김주영, 유연승, 김관용 |
| 제 6권 | 전국 화물 O/D 보완갱신 | 박민철, 우왕희, 변상진, 조용훈 |
| 제 7권 | 화물통행수요추정 신뢰도 개선방안 연구 | 박민철, 우왕희, 변상진, 조용훈 |
| 제 8권 | 해상화물O/D 보완갱신 및 신뢰도 개선방안 연구 | KMI |
| 제 9권 | 도로망 GIS 및 교통분석용 네트워크 구축 | 김동호, 탁지훈, 정승연 |
| 제10권 | 대중교통 GIS 및 교통분석용 네트워크 구축 | 김동호, 이선아, 정승연 |
| 제11권 | 국가교통통계조사 | 황순연, 오연선, 고두환 |
| 제12권 | 교통수단 이용실태조사 | 연지윤, 주진호, 김정은 |
| 제13권 | 특별교통통행실태조사 | 성흥모, 김은미 |
| 제14권 | 교통혼잡지도 DB구축 | 천승훈, 김진우, 김성민 |
| 제15권 | 국가교통불류경쟁력조사연구 | 천승훈, 장동익, 연지윤, 이석주, 홍다희, 김진우, 김정은, 홍성표, 주진호, 김진오 |

『2015년도 국가교통조사 및 DB구축사업』

과제별 공동참여·위탁용역 사업자

【공동사업 참여기관】

- 전국여객 O/D 현행화 공동사업(부산·울산권 부문)
- (주)선일이엔씨, 경성대학교산학협력단
- 전국여객 O/D 현행화 공동사업(대전광역시권 부문)
- (주)드림이엔지
- 전국여객 O/D 현행화 공동사업(광주광역시권 부문)
- (주)유신
- 전국여객 O/D 현행화 공동사업(수도권 부문)
- 서울연구원, 경기연구원, 인천발전연구원
- 전국여객 O/D 현행화 공동사업(대구광역시권 부문)
- 대구경북연구원

【위탁용역 사업자】

- 2015년 국가교통DB점검단 운영지원
- (사)교통투자평가협회
- 교통수단이용실태조사
- (주)메트릭스코퍼레이션
- 교통혼잡지도 시스템 유지보수 및 온라인 시범 서비스 구축
- 서울대학교&(주)큐빅웨어 컨소시엄
- 첨단교통자료를 활용한 교통망 성능평가 지표개발 및 DB구축
- 서울대학교&(주)큐빅웨어 컨소시엄
- 첨단자료를 활용한 여객교통수요 신뢰도 개선방안 연구
- 명지대학교
- 여객 O/D 예비조사
- 나이스알앤씨(주), (주)엘비씨소프트, 흥익대학교 산학협력단, 동해엔지니어링(주)
- 대중교통 GIS DB 및 대중교통 분석용 네트워크 현행화
- (주)큐빅웨어 컨소시엄

【위탁용역 사업자】

- 도로망 GIS DB 및 교통 분석용 네트워크 현행화
- 현대엠엔소프트(주)
- 장래교통계획 관련 DB 수집 및 GIS 맵 구축
- ㈜팀지오
- 2015년도 국가교통DB Brief 발행
- (주)피그마리온
- 대도시 화물 O/D 구축방안연구
- 중앙대학교 산학협력단
- 복합화물운송 분석을 위한 화물P/C 조사
- ㈜메트릭스코퍼레이션
- 2015년 가정의 달 특별교통통행실태조사
- 리서치랩
- 국가교통물류경쟁력지표 조사연구를 위한 전문가 설문
- 리서치랩
- 특별교통통행실태조사 및 이용자 만족도 조사
- 리서치랩
- 웹사이트 운영 환경 개선 및 인프라 유지보수
- (주)한신정보기술
- 국가교통DB 통합관리방안 관련 연계시스템 구축I
- GNT 솔루션
- 국가교통DB 통합관리방안 관련 연계시스템 구축II
- 아로정보기술
- 화물P/C를 활용한 화물수단 선택모형 개발 연구
- 한국교통대학교 산학협력단
- 국가교통통계 개선방안 연구
- ㈜블루와이즈
- 전국 읍면동 간 자동차·대중교통 통행경로와 통행시간 산정
- ㈜아로정보기술

【자문용역 사업자】

- 전국 장래 시군 및 읍면동 인구예측에 관한 연구
- 고려대 김기환교수

최종보고서 목차

- 제 1권 요약보고서
- 제 2권 전국 여객 O/D 보완갱신
- 제 3권 여객 O/D 조사 예비조사
- 제 4권 여객교통수요 신뢰도 개선방안 연구
- 제 5권 장래교통계획DB 및 모니터링 체계구축
- 제 6권 전국 화물 O/D 보완갱신
- 제 7권 화물통행수요추정 신뢰도 개선방안 연구
- 제 8권 해상화물O/D 보완갱신 및 신뢰도 개선방안 연구
- 제 9권 도로망 GIS 및 교통분석용 네트워크 구축
- 제 10권 대중교통 GIS 및 교통분석용 네트워크 구축
- 제 11권 국가교통통계조사
- 제 12권 교통수단 이용실태조사
- 제 13권 특별교통통행실태조사
- 제 14권 교통혼잡지도 DB구축
- 제 15권 국가교통물류경쟁력조사연구

목 차

요 약

| | |
|---|-----|
| 제1장 주말수요를 반영한 교통수요 분석 연구 | 1 |
| 제1절 연구의 개요 / 3 | |
| 제2절 주말수요 반영 방법론 / 5 | |
| 제3절 주말통행특성 분석 및 주말환산계수 산출 / 12 | |
| 제2장 첨단자료를 활용한 여객교통수요 신뢰도 개선방안 연구 | 29 |
| 제1절 과업의 개요 / 31 | |
| 제2절 KTDB 교통수요 검증지점 재선정 / 33 | |
| 제3절 KTDB OD 교통량 추정기법 고도화 / 98 | |
| 제4절 KTDB 기종점 교통량 신뢰수준 분석 / 141 | |
| 제5절 KTDB VDF 정산 현행화 및 일전환계수 검토 / 231 | |
| 제3장 경전철 수요분석 방안 연구 | 237 |
| 제1절 과업 개요 / 239 | |
| 제2절 경전철 수요분석 사례 조사 / 240 | |
| 제3절 경전철 수단선택모형 적정성 검토 / 248 | |
| 제4절 통행배정 이용 경전철 수요분석 방안 / 262 | |
| 제5절 결론 / 270 | |
| 참고문헌 / 272 | |
| 제4장 대도시권 첨두시간계수 산출 방안에 관한 연구 | 273 |
| 제1절 연구의 개요 / 275 | |
| 제2절 대도시권 시간대별 통행량 분석 및 첨두시간계수 산출 / 278 | |

표 목 차

| | |
|---|----|
| 〈표 1- 1〉 수단별 일별 통행자료 수집현황 | 5 |
| 〈표 1- 2〉 수단별 주말환산계수 산출 범위 | 6 |
| 〈표 1- 3〉 주말환산계수 적용 방안 | 11 |
| 〈표 1- 4〉 대안별 장·단점 비교 | 11 |
| 〈표 1- 5〉 수단별 연간/주중/주말 총 통행량 비교 | 12 |
| 〈표 1- 6〉 2013년 TCS 전차종 AADT/AAWDT 계수 | 13 |
| 〈표 1- 7〉 2013년 TCS 전차종 주말/주중 계수 | 13 |
| 〈표 1- 8〉 2014년 TCS 전차종 AADT/AAWDT 계수 | 14 |
| 〈표 1- 9〉 2014년 TCS 전차종 주말/주중 계수 | 14 |
| 〈표 1- 10〉 2013년 TCS 승용차 AADT/AAWDT 계수 | 15 |
| 〈표 1- 11〉 2013년 TCS 승용차 주말/주중 계수 | 15 |
| 〈표 1- 12〉 2014년 TCS 승용차 AADT/AAWDT 계수 | 16 |
| 〈표 1- 13〉 2014년 TCS 승용차 주말/주중 계수 | 16 |
| 〈표 1- 14〉 2013년 TCS 버스 AADT/AAWDT 계수 | 17 |
| 〈표 1- 15〉 2013년 TCS 버스 주말/주중 계수 | 17 |
| 〈표 1- 16〉 2014년 TCS 버스 AADT/AAWDT 계수 | 18 |
| 〈표 1- 17〉 2014년 TCS 버스 주말/주중 계수 | 18 |
| 〈표 1- 18〉 2013년 TCS 화물트럭 AADT/AAWDT 계수 | 19 |
| 〈표 1- 19〉 2013년 TCS 화물트럭 주말/주중 계수 | 19 |
| 〈표 1- 20〉 2014년 TCS 화물트럭 AADT/AAWDT 계수 | 20 |
| 〈표 1- 21〉 2014년 TCS 화물트럭 주말/주중 계수 | 20 |
| 〈표 1- 22〉 2013년 도로교통량 상시조사지점 고속국도 AADT/AAWDT 계수 | 21 |
| 〈표 1- 23〉 2013년 도로교통량 상시조사지점 고속국도 주말/주중 계수 | 21 |
| 〈표 1- 24〉 2014년 도로교통량 상시조사지점 고속국도 AADT/AAWDT 계수 | 22 |
| 〈표 1- 25〉 2014년 도로교통량 상시조사지점 고속국도 주말/주중 계수 | 22 |
| 〈표 1- 26〉 2013년 도로교통량 상시조사지점 일반국도 AADT/AAWDT 계수 | 23 |
| 〈표 1- 27〉 2013년 도로교통량 상시조사지점 일반국도 주말/주중 계수 | 23 |
| 〈표 1- 28〉 2014년 도로교통량 상시조사지점 일반국도 AADT/AAWDT 계수 | 24 |
| 〈표 1- 29〉 2014년 도로교통량 상시조사지점 일반국도 주말/주중 계수 | 24 |

| | |
|--|----|
| 〈표 1- 30〉 2013년 고속철도 AADT/AAWDT 계수 | 25 |
| 〈표 1- 31〉 2013년 고속철도 주말/주중 계수 | 25 |
| 〈표 1- 32〉 2014년 고속철도 AADT/AAWDT 계수 | 26 |
| 〈표 1- 33〉 2014년 고속철도 주말/주중 계수 | 26 |
| 〈표 1- 34〉 2013년 일반철도 AADT/AAWDT 계수 | 27 |
| 〈표 1- 35〉 2013년 일반철도 주말/주중 계수 | 27 |
| 〈표 1- 36〉 2014년 일반철도 AADT/AAWDT 계수 | 28 |
| 〈표 1- 37〉 2014년 일반철도 주말/주중 계수 | 28 |
| | |
| 〈표 2- 1〉 교통량 조사 체계(조사 방법 및 일시) | 34 |
| 〈표 2- 2〉 도로 등급 별 코든·스크린라인 개수 확인 | 46 |
| 〈표 2- 3〉 도로등급 별 교통량조사지점 개수 확인 | 48 |
| 〈표 2- 4〉 코든· 스크린라인과 교통량조사지점의 도로등급 및 도시부·지방부 비교 | 50 |
| 〈표 2- 5〉 지역 별 코든·스크린라인과 교통량조사지점수 비교 | 52 |
| 〈표 2- 6〉 지역 별 코든·스크린라인 대비 교통량 관측지점 부족 비율 | 55 |
| 〈표 2- 7〉 코든·스크린 라인(필요 지점)과 일치하는 교통량조사지점 비교 | 57 |
| 〈표 2- 8〉 분석 네트워크 속성 비교 (Lv. 5 와 Lv. 6) | 58 |
| 〈표 2- 9〉 관측지점의 코든라인 포착율 분석 | 61 |
| 〈표 2- 10〉 통과 OD쌍 기준 코든라인 포착율 분석 | 63 |
| 〈표 2- 11〉 지점 및 교통량 기준 시도별 평균 코든라인 포착율 | 65 |
| 〈표 2- 12〉 코든라인 통과 기종점쌍 포착율 분석 | 66 |
| 〈표 2- 13〉 지점 및 교통량 기준 포착율 상위 20 시군구 | 68 |
| 〈표 2- 14〉 서울특별시 및 6대 광역권 교통량 조사지점 확보율 | 72 |
| 〈표 2- 15〉 미포착 기종점쌍 검지를 위한 조사지점 추가결과 | 77 |
| 〈표 2- 16〉 미포착 기종점쌍 검지를 위한 25개 추가조사지점 개요 | 78 |
| 〈표 2- 17〉 미포착 기종점쌍 검지를 위한 42개 추가조사지점 개요 | 82 |
| 〈표 2- 18〉 1차 조사지점 선정 후 시도내 시군구 평균 포착율 | 86 |
| 〈표 2- 19〉 선정 기준별 포착율 상승 평균 비교 | 87 |
| 〈표 2- 20〉 2차 조사지점 선정 후 시도 내 시군구 평균 포착율 | 89 |
| 〈표 2- 21〉 3차 조사지점 선정 후 시도내 시군구 평균 포착율 | 92 |
| 〈표 2- 22〉 4차 조사지점 선정 후 시도 내 시군구 평균 포착율 | 94 |
| 〈표 2- 23〉 선정 차수별 조사지점 총량과 포착율 | 96 |

| | |
|--|-----|
| 〈표 2- 24〉 조사지점 추가 전·후 분석 | 96 |
| 〈표 2- 25〉 KTDB 기종점 쌍의 고속도로 통과여부에 따른 분류 | 101 |
| 〈표 2- 26〉 KTDB 기종점 통행량 추정 및 분석 기법 모형(안) | 102 |
| 〈표 2- 27〉 참조 OD 오차 증가에 따른 OD 교통량 추정 정확성 변화 | 132 |
| 〈표 2- 28〉 TCS OD 오차에 증가에 따른 OD 교통량 추정 오차 | 134 |
| 〈표 2- 29〉 카 내비게이션 표본 OD 오차에 증가에 따른 OD 교통량 추정 오차 | 135 |
| 〈표 2- 30〉 입력자료 오차간의 상관관계 분석을 위한 실험 시나리오 | 137 |
| 〈표 2- 31〉 시나리오별 OD 추정 오차 결과 | 139 |
| 〈표 2- 32〉 KTDB와 내비게이션 OD 비교 | 144 |
| 〈표 2- 33〉 기종점 쌍 비교 분석 (KTDB & 내비게이션 OD) | 145 |
| 〈표 2- 34〉 교통량 기준 1이상 Zero cell 도시/지방부 비교 | 145 |
| 〈표 2- 35〉 KTDB OD와 내비게이션 OD 의 기종점 우선순위 비교 (교통량 기준) | 148 |
| 〈표 2- 36〉 KTDB 상위 기종점 대비 내비게이션 OD 기종점의 일치율 비교 | 149 |
| 〈표 2- 37〉 인구 및 차량 등록대수 대비 내비게이션 자료 수집비율 통계분석 | 153 |
| 〈표 2- 38〉 인구 및 차량등록 대수 vs. 내비 자료수 회귀분석 결과 | 154 |
| 〈표 2- 39〉 도로 등급별 내비게이션자료 표본을 평균, 표준편차, 변동계수 분석 | 156 |
| 〈표 2- 40〉 도로 유형별 교통량 조사 지점 수 (Lv5 네트워크 기준) | 161 |
| 〈표 2- 41〉 도로 위계별 평균 표본을 | 161 |
| 〈표 2- 42〉 평균기법을 이용한 도로유형별 정산율 (% , 총량 미보정) | 164 |
| 〈표 2- 43〉 평균기법을 이용한 도로유형별 정산율 (% , 총량 보정) | 165 |
| 〈표 2- 44〉 내비게이션 표본 OD의 통행거리 구간 별 표본을 추정 | 167 |
| 〈표 2- 45〉 통행거리 별 전수화OD를 이용한 도로유형별 정산율 | 168 |
| 〈표 2- 46〉 KTDB 교통량 기준 증가에 따른 존 기종점 쌍수 잔존율 분석 | 171 |
| 〈표 2- 47〉 KTDB 기준교통량에 따른 광역도시권과 지방권 기종점 쌍 분석 | 173 |
| 〈표 2- 48〉 기준교통량 별 KTDB OD 및 내비 표본 OD 관계 분석 | 174 |
| 〈표 2- 49〉 차량궤적 필터링 분석을 위한 기종점 쌍 선정 | 179 |
| 〈표 2- 50〉 중거리 기종점 쌍 필터링 결과 | 186 |
| 〈표 2- 51〉 단거리 기종점 쌍 필터링 결과 | 197 |
| 〈표 2- 52〉 Rija값 검증을 위한 선정 기종점 쌍 개요 | 203 |
| 〈표 2- 53〉 Hijrs값 검증을 위한 KTDB 기종점 쌍 선정 | 215 |
| 〈표 2- 54〉 KTDB OD와 내비게이션 OD간 구조(structure)편차 분석- 표작성 | 224 |
| 〈표 2- 55〉 KTDB OD와 조정 내비게이션 전수화 OD간 구조분석 | 229 |

| | |
|--|-----|
| 〈표 2- 56〉 내비게이션 비전수화 OD와 전수화 OD간 구조(structure)편차 비교 분석 | 230 |
| 〈표 2- 57〉 KTDB VDF 적용 일전환계수(현재) | 234 |
| 〈표 2- 58〉 일전환계수 산정을 위한 내비게이션 데이터 가공 | 235 |
| 〈표 2- 59〉 내비게이션 자료를 활용한 시간대 별 계수 산정 | 236 |
| 〈표 2- 60〉 일전환계수 비교 (내비게이션 자료vs KTDB) | 236 |
| | |
| 〈표 3- 1〉 2014년 부산·김해경전철 이용 현황 | 250 |
| 〈표 3- 2〉 수단선택모형 변수 정의 | 253 |
| 〈표 3- 3〉 모형1 구축 결과 | 254 |
| 〈표 3- 4〉 모형2 구축 결과 | 255 |
| 〈표 3- 5〉 모형3 구축 결과 | 255 |
| 〈표 3- 6〉 SP조사 설문지 (8번 문항) | 257 |
| 〈표 3- 7〉 응답자 특성 | 258 |
| 〈표 3- 8〉 SP 설문조사 결과(수단선택) | 259 |
| 〈표 3- 9〉 수단선택모형 변수 정의 | 259 |
| 〈표 3- 10〉 도시철도와 경전철 수단선택모형 구축 결과 | 260 |
| 〈표 3- 11〉 환승링크 구축 및 조정 전 결과 | 268 |
| 〈표 3- 12〉 환승링크 구축 및 조정 후 결과 | 268 |
| 〈표 3- 13〉 통행배정 주요 변수 조정 및 정산 전 결과 | 268 |
| 〈표 3- 14〉 통행배정 주요 변수 조정 및 정산 후 결과 | 269 |
| | |
| 〈표 4- 1〉 수도권 지역의 1시간 통행량의 지속시간과 각 시간대별 집중률(예) | 275 |
| 〈표 4- 2〉 권역별 시간대별 총통행량 | 278 |
| 〈표 4- 3〉 수도권 시간대별 통행량(오전) | 280 |
| 〈표 4- 4〉 수도권 시간대별 통행량(오후) | 281 |
| 〈표 4- 5〉 부산·울산권 시간대별 통행량(오전) | 282 |
| 〈표 4- 6〉 부산·울산권 시간대별 통행량(오후) | 283 |
| 〈표 4- 7〉 대구광역권 시간대별 통행량(오전) | 284 |
| 〈표 4- 8〉 대구광역권 시간대별 통행량(오후) | 285 |
| 〈표 4- 9〉 광주광역권 시간대별 통행량(오전) | 286 |
| 〈표 4- 10〉 광주광역권 시간대별 통행량(오후) | 287 |
| 〈표 4- 11〉 대전광역권 시간대별 통행량(오전) | 288 |

| | |
|---|-----|
| 〈표 4- 12〉 대전광역권 시간대별 통행량(오후) | 289 |
| 〈표 4- 13〉 수도권 지역의 1시간 통행량의 지속시간과 각 시간대별 집중률 | 290 |
| 〈표 4- 14〉 부산울산권 지역의 1시간 통행량의 지속시간과 각 시간대별 집중률 | 290 |
| 〈표 4- 15〉 대구광역권 지역의 1시간 통행량의 지속시간과 각 시간대별 집중률 | 291 |
| 〈표 4- 16〉 광주광역권 지역의 1시간 통행량의 지속시간과 각 시간대별 집중률 | 291 |
| 〈표 4- 17〉 대전광역권 지역의 1시간 통행량의 지속시간과 각 시간대별 집중률 | 291 |

그림목차

| | |
|---|----|
| 〈그림 1- 1〉 연구 수행과정 | 4 |
| 〈그림 2- 1〉 내비게이션 자료로 추정한 지점별 도로 등급별 존 내부 통행량 비율 | 35 |
| 〈그림 2- 2〉 최적 관측위치 지정 규칙(Yang et al, 1998) | 39 |
| 〈그림 2- 3〉 Yang의 제 2규칙 | 43 |
| 〈그림 2- 4〉 교통량 조사지점 선정 기준 개념도 | 44 |
| 〈그림 2- 5〉 도로 등급을 고려한 코든 라인 교통량 조사지점 선정 | 45 |
| 〈그림 2- 6〉 과대과소지점 도로 등급별 분석 (코든·스크린라인 vs 교통량 조사지점) | 51 |
| 〈그림 2- 7〉 지역별 코든·스크린라인과 교통량조사지점 지점수 비교 | 52 |
| 〈그림 2- 8〉 GIS 상 코든·스크린라인과 교통량조사지점 일치하는 링크 표출 | 54 |
| 〈그림 2- 9〉 지역 별 코든·스크린라인 대비 교통량 관측지점 부족 비율 표출 | 55 |
| 〈그림 2- 10〉 코든·스크린 라인(필요 지점)과 일치하는 교통량조사지점 비교 | 56 |
| 〈그림 2- 11〉 코든라인 교통량 포착율 공간분포 (시도 단위) | 63 |
| 〈그림 2- 12〉 코든라인 교통량 포착율 공간분포 (시군구 단위) | 65 |
| 〈그림 2- 13〉 교통량포착율 30% 이하 시군구 분포 | 68 |
| 〈그림 2- 14〉 교통량 기준 코든포착율 존 분포 | 69 |
| 〈그림 2- 15〉 서울 및 6대 광역권 교통량 조사지점 코딩 | 70 |
| 〈그림 2- 16〉 서울특별시 및 6대광역권의 추가된 교통량 조사지점 | 71 |
| 〈그림 2- 17〉 교통량 조사 지점 추가선정 과정도 | 73 |
| 〈그림 2- 18〉 교통량 조사지점 검토 필요 지점 | 75 |
| 〈그림 2- 19〉 미포착 기종점 검지를 위한 조사지점 분포 | 79 |
| 〈그림 2- 20〉 통과 기종점쌍 기준 조사지점 1차 추가 분포 | 80 |
| 〈그림 2- 21〉 특정 기종점쌍의 고 점유율 코든라인 분포 | 81 |
| 〈그림 2- 22〉 내비게이션 통과 표본수 기준 선정 조사지점 분포 | 83 |
| 〈그림 2- 23〉 시도별 1차 추가조사지점 배정 분포 | 84 |
| 〈그림 2- 24〉 시도별 1차 추가조사지점 배정 비율 | 85 |
| 〈그림 2- 25〉 주요 대도시 1차 조사지점 선정 위치 | 85 |
| 〈그림 2- 26〉 시도별 2차 추가조사지점 배정 분포 | 88 |
| 〈그림 2- 27〉 주요 대도시 2차 조사지점 선정 위치 | 89 |

| | |
|---|-----|
| 〈그림 2- 28〉 시도별 3차 추가조사지점 배정 분포 | 90 |
| 〈그림 2- 29〉 주요 대도시 3차 조사지점 선정 위치 | 91 |
| 〈그림 2- 30〉 시도별 4차 추가조사지점 배정 분포 | 93 |
| 〈그림 2- 31〉 주요 대도시 4차 조사지점 선정 위치 | 93 |
| 〈그림 2- 32〉 조사지점 선정 반복횟수 증가에 따른 포착율 변화 | 95 |
| 〈그림 2- 33〉 KTDB OD의 고속도로 통과 여부에 따른 분류 | 99 |
| 〈그림 2- 34〉 KTDB 기종점 유형 별 교통량 검증 가능 범위 | 102 |
| 〈그림 2- 35〉 Model 1과 Model 2 개념도 | 103 |
| 〈그림 2- 36〉 Model 수학적 구조 | 105 |
| 〈그림 2- 37〉 내비게이션 자료를 활용한 OD 추정 | 107 |
| 〈그림 2- 38〉 2014년 과제에서 제시된 KTDB 기종점 교통량의 교차검증 계획 | 108 |
| 〈그림 2- 39〉 Bi-level OD 추정 모형의 기본 구조 | 110 |
| 〈그림 2- 40〉 Rija의 정의 | 113 |
| 〈그림 2- 41〉 부분교통망으로서의 고속도로 교통망 (KOTI, 2014) | 115 |
| 〈그림 2- 42〉 추정대상 및 제외 기종점 교통량과 링크 교통량간의 관계 | 117 |
| 〈그림 2- 43〉 고속도로 TCS OD 추정제외 교통량 비율 | 118 |
| 〈그림 2- 44〉 링크 관측 교통량 유형별 신뢰도 비교표 | 121 |
| 〈그림 2- 45〉 OD 추정 상위문제의 수학적 구성 | 122 |
| 〈그림 2- 46〉 상하위 문제의 순환 계산 구조 | 124 |
| 〈그림 2- 47〉 예제교통망 | 131 |
| 〈그림 2- 48〉 기종점 별 경로와 경로교통량 | 131 |
| 〈그림 2- 49〉 TCS 및 내비게이션 표본 오차와 OD 추정오차 관계 (1) | 135 |
| 〈그림 2- 50〉 TCS 및 내비게이션 표본 오차와 OD 추정오차 관계 (2) | 136 |
| 〈그림 2- 51〉 입력자료 오차 시나리오에 따른 OD 추정오차 패턴 | 138 |
| 〈그림 2- 52〉 Zero cell 기종점 특성(도시/지방부) | 146 |
| 〈그림 2- 53〉 교통량 기준 기종점 쌍수 비교 (KTDB ODvs내비게이션 OD) | 146 |
| 〈그림 2- 54〉 KTDB와 내비게이션 OD 기종점 분포 비교 (통행량 1이상) | 147 |
| 〈그림 2- 55〉 인구 10만명 당 내비게이션 자료 비율 | 151 |
| 〈그림 2- 56〉 차량 1만대당 내비게이션 자료 비율 | 153 |
| 〈그림 2- 57〉 다차로 도로 차로수 및 지역별 표본율 비교 | 157 |
| 〈그림 2- 58〉 내비게이션 OD/KTDB OD 자료비율 TLFD 분포(20 km 구간 길이) | 159 |
| 〈그림 2- 59〉 존 표본율을 이용한 기종점 추정 표본율의 계산 | 162 |

| | |
|---|-----|
| 〈그림 2- 60〉 내비게이션 표본 OD 통행거리 그룹별 전수화 방안 | 166 |
| 〈그림 2- 61〉 KTDB 교통량 기준에 따른 추정대상 기종점 쌍 수 | 170 |
| 〈그림 2- 62〉 KTDB 교통량 500(대/일) 기준 준별 추정대상 기종점 쌍 수 분포 | 172 |
| 〈그림 2- 63〉 KTDB 교통량 3000(대/일) 기준 준별 추정대상 기종점 쌍 수 분포 | 173 |
| 〈그림 2- 64〉 추정대상 KTDB OD 쌍 분포 (기점 기준) | 176 |
| 〈그림 2- 65〉 OD 추정 모형의 입력자료 형태 (내비게이션) | 177 |
| 〈그림 2- 66〉 OD 추정 모형의 입력자료 형태 (TCS) | 177 |
| 〈그림 2- 67〉 OD 추정 모형의 입력자료 형태 (수시상시 관측교통량) | 177 |
| 〈그림 2- 68〉 부천시 원미구-용인시 처인구 통행궤적 분석 | 180 |
| 〈그림 2- 69〉 부천시 원미구-용인시 처인구 통행궤적 TLFD 필터링 결과 | 180 |
| 〈그림 2- 70〉 대전시 서구-천안시 북구 통행궤적 분석 | 181 |
| 〈그림 2- 71〉 대전시 서구-천안시 북구 통행궤적 TLFD 필터링 결과 | 182 |
| 〈그림 2- 72〉 강원도 강릉시-강원도 춘천시 통행궤적 분석 | 183 |
| 〈그림 2- 73〉 강원도 강릉시-강원도 춘천시 통행궤적 TLFD 필터링 결과 | 184 |
| 〈그림 2- 74〉 전남 여수시-광주시 광산구 통행궤적 분석 | 185 |
| 〈그림 2- 75〉 전남 여수시-광주시 광산구 통행궤적 TLFD 필터링 결과 | 185 |
| 〈그림 2- 76〉 서울시 중구-서울시 용산구 통행궤적 분석 | 188 |
| 〈그림 2- 77〉 서울시 중구-서울시 용산구 통행궤적 TLFD 필터링 결과 | 189 |
| 〈그림 2- 78〉 대전시 유성구-세종시 통행궤적 분석 | 190 |
| 〈그림 2- 79〉 대전시 유성구-세종시 통행궤적 TLFD 필터링 결과 | 191 |
| 〈그림 2- 80〉 충남 아산시-충남 예산군 통행궤적 분석 | 193 |
| 〈그림 2- 81〉 충남 아산시-충남 예산군 통행궤적 TLFD 필터링 결과 | 194 |
| 〈그림 2- 82〉 경북 칠곡군-대구시 북구 통행궤적 분석 | 195 |
| 〈그림 2- 83〉 경북 칠곡군-대구시 북구 통행궤적 TLFD 필터링 결과 | 197 |
| 〈그림 2- 84〉 서울 TG→동수원 TG간 서울 TG 유입표본 기점존 분포 분석 | 199 |
| 〈그림 2- 85〉 서시흥 TG→장안(화성) TG간 서시흥 TG 유입표본 기점존 분포 분석 | 200 |
| 〈그림 2- 86〉 동수원 TG→수원신갈 TG간 동수원 TG 유출표본 종점존 분포 분석 | 201 |
| 〈그림 2- 87〉 서대구 TG→칠곡 TG간 서대구 TG 유출표본 종점존 분포 분석 | 202 |
| 〈그림 2- 88〉 강원도 강릉시-춘천시 통행 궤적 및 Rija값의 분포 | 204 |
| 〈그림 2- 89〉 부천시 원미구-용인시 처인구 통행 궤적 및 Rija값의 분포 | 205 |
| 〈그림 2- 90〉 전남 여수시-광주 광산구 통행 궤적 및 Rija값의 분포 | 207 |
| 〈그림 2- 91〉 대전시 서구-천안시 서북구 통행 궤적 및 Rija값의 분포 | 208 |

| | |
|--|-----|
| 〈그림 2- 92〉 서울시 중구-서울시 용산구 통행 궤적 및 Rija값의 분포 | 209 |
| 〈그림 2- 93〉 충남 아산시-충남 예산군 통행 궤적 및 Rija값의 분포 | 211 |
| 〈그림 2- 94〉 충남 아산시-충남 예산군간 통행궤적 거리 비교 | 211 |
| 〈그림 2- 95〉 경북 칠곡군 - 대구 북구 통행 궤적 및 Rija값의 분포 | 212 |
| 〈그림 2- 96〉 대전시 유성구 - 세종시 통행 궤적 및 Rija값의 분포 | 213 |
| 〈그림 2- 97〉 수원시 장안구 → 천안시 동남구 진출입 영업소 분포 | 215 |
| 〈그림 2- 98〉 대전광역시 유성구 → 전주시 완산구 진출입 영업소 분포 | 216 |
| 〈그림 2- 99〉 서울시 송파구 → 강원도 평창군 진출입 영업소 분포 | 217 |
| 〈그림 2- 100〉 서울시 강남구 → 대전시 유성구 진출입 영업소 분포 | 218 |
| 〈그림 2- 101〉 인천시 서구 → 전북 군산시 진출입 영업소 분포 | 219 |
| 〈그림 2- 102〉 충남 아산시 → 부산시 강서구 진출입 영업소 분포 | 220 |
| 〈그림 2- 103〉 서울시 용산구 → 부산시 동구 진출입 영업소 분포 | 221 |
| 〈그림 2- 104〉 서울시 서초구 → 부산시 해운대구 진출입 영업소 분포 | 221 |
| 〈그림 2- 105〉 KTDB OD의 내비게이션 OD 규모순위 일치율 분석 | 222 |
| 〈그림 2- 106〉 KTDB OD와 내비게이션 OD간 순위규모 오차 1 (%) 기준점 공간분포 ... | 225 |
| 〈그림 2- 107〉 KTDB OD와 내비게이션 OD간 순위규모 오차 5 (%) 기준점 공간분포 ... | 225 |
| 〈그림 2- 108〉 KTDB OD와 내비게이션 OD간 순위규모 오차 10 (%) 기준점 공간분포 ... | 226 |
| 〈그림 2- 109〉 OD간 순위규모 오차 10 (%) 이내 기준점 쌍 시도단위 공간분포 | 227 |
| 〈그림 2- 110〉 KTDB VDF의 구성요소 (KOTI, 2014) | 232 |
| 〈그림 2- 111〉 폐쇄식 유료도로의 요금 반영 (KOTI, 2014) | 233 |
| 〈그림 2- 112〉 개방식 유료도로의 요금 반영 (KOTI, 2014) | 234 |
| | |
| 〈그림 3- 1〉 아일랜드 GDA am-peak 모형의 구조 | 242 |
| 〈그림 3- 2〉 아일랜드 GDA 수단선택, 출발시간선택, 경로선택모형의 연결구조 | 242 |
| 〈그림 3- 3〉 호주 STM내 통행모형의 구조 | 243 |
| 〈그림 3- 4〉 미국 수단선택모형 내 기본적인 대안설정 예시 | 244 |
| 〈그림 3- 5〉 캐나다 Calgary시의 수요분석모형 | 245 |
| 〈그림 3- 6〉 캐나다 Calgary시의 출발시간 및 수단선택 구조 예시 | 246 |
| 〈그림 3- 7〉 경전철과 도시철도 이용 통행 행태(경전철 주수단 정의 문제) | 249 |
| 〈그림 3- 8〉 부산도시철도 노선도 | 251 |
| 〈그림 3- 9〉 경전철과 도시철도의 경쟁관계 존재 구간 | 258 |
| 〈그림 3- 10〉 부산·울산광역시권 도시철도망 | 262 |

| | |
|---|-----|
| 〈그림 3- 11〉 기종점간 대중교통 경로의 일반화비용 | 263 |
| 〈그림 3- 12〉 경전철 및 도시철도 접근 및 도착시간 보정 (ImTas 이용) | 264 |
| 〈그림 3- 13〉 경전철 및 도시철도 대기시간 설정 | 265 |
| 〈그림 3- 14〉 경전철 및 도시철도 대기시간 혼잡도 반영 | 265 |
| 〈그림 3- 15〉 도시철도와 버스의 탑승시간 설정 | 266 |
| 〈그림 3- 16〉 경전철 및 도시철도 환승링크 설정 | 267 |
| | |
| 〈그림 4- 1〉 권역별 시간대별 통행량 분포비 | 279 |

요 약



요 약

1. 주말수요를 반영한 교통수요 분석 연구

가. 연구의 개요

- KTDB에서 2011년 이전에 배포된 기존의 전국 지역간 O/D는 자료의 한계로 인해 주중과 주말¹⁾ 통행패턴이 혼재된 자료이며, 전일O/D(AADT)로 가정하여 사용되어 왔음
- 반면, 대도시권 O/D는 주중 기반의 자료를 이용하여 구축한 주중O/D(AAWDT)임
- 2011년 이후 배포된 신규 O/D의 경우, 주중 조사 수행과 전국 지역간 및 대도시권 O/D의 총통행량 일치 등 자료의 일관성 확보를 위해 주중 기반의 O/D를 구축함
 - 전일O/D는 주중과 주말의 통행패턴을 고려해서 구축해야 하지만, 주말 통행패턴은 계절적 변동이 크므로 4계절을 조사해야 하는 조사상의 어려움이 존재함
 - 또한 주말 통행패턴을 고려한 O/D 구축 방법론이 수립되어 있지 않기 때문에 전일O/D를 구축하는 것은 현실적으로 한계가 있음
- 국내 교통SOC 투자평가에서는 전일O/D기반으로 교통수요 분석 및 경제성 분석을 수행하고 있으나, 전반적으로 주중과 전일의 통행량이 크게 차이가 나지 않기 때문에 주중 O/D로 분석이 가능함
- 그러나 강원도 지역과 같이 사업영향권내 주중과 전일의 통행량이 크게 상이한 경우 주말 통행량을 추가 반영할 필요가 있음
 - 교통SOC 투자평가 중 주중과 전일의 통행량이 크게 상이한 경우 이를 고려하지 않는다면 편익 산출시 과소 또는 과대 추정하게 될 여지가 있음
- 따라서 본 연구에서는 주중과 전일의 통행량 차이를 분석하고, 통행량이 크게 상이한 경우 주말 통행을 고려하여 교통수요를 분석할 수 있는 방법론을 제시하고자 함
- 본 과업에서는 교통 SOC투자평가 중 교통수요분석 및 경제성 분석 시 주말수요를 반영할 수 있는 방법으로 주말환산계수를 이용하는 방안을 제시함

1) 주중과 주말의 정의

- 주중: 월요일-금요일(주중 중 공휴일 제외)
- 주말: 토요일-일요일(주중 중 공휴일 포함)

나. 주말환산계수 산출범위 및 적용방법론

1) 주말환산계수 정의 및 산출범위

- KTDB에서 배포되는 O/D는 주중 기반자료이므로 주중 기준의 O/D 또는 통행배정량을 전일 기준으로 변환하기위한 환산계수는 다음과 같이 정의됨

$$AADT/AAWDT \text{ 계수} = \frac{\text{연평균 일교통량}}{\text{주중 평균 일교통량}}$$

- 주말 기준으로 변환하기위한 환산계수인 주말/주중 계수는 다음과 같이 정의됨

$$\text{주말 / 주중 계수} = \frac{\text{주말 평균 일교통량}}{\text{주중 평균 일교통량}}$$

- 주말통행특성 분석 및 환산계수 산정을 위해서 주말과 주중이 구분된 일별 통행자료가 요구됨
- 따라서 일별 통행자료가 제공되는 TCS(Toll Collect System), 철도수송실적, 상시조사지점 도로교통량 자료를 수집하였음

<표 1> 수단별 주말환산계수 산출 범위

| 자료 | 수단 | 산출 범위 | 비고 |
|-----------------|------|----------|--|
| TCS | 전차종 | - 13개 시도 | - O/D Pair 단위로 산출 |
| | 승용차 | | |
| | 버스 | | |
| | 트럭 | | |
| 상시조사지점 도로교통량 | 전차종 | - 12개 권역 | - 지점 단위로 산출 - 도로유형별 산출 (고속국도/일반국도) |
| | 승용차 | | |
| | 버스 | | |
| | 트럭 | | |
| 철도수송실적 | 고속철도 | - 13개 시도 | - O/D Pair 단위로 산출 |
| | 일반철도 | | |

2) 주말환산계수의 적용방법론

- 교통SOC 투자평가 중 경제성 분석에서의 편익은 차량운행비용 절감 편익, 통행시간 절감 편익, 교통사고비용 절감 편익, 환경비용 절감 편익임
- 주중과 전일의 통행량이 크게 상이하여 주말 통행을 추가 반영함으로써 편익에 영향을 미치는 요소는 교통량, 주행속도, 통행시간임
- 따라서 주말환산계수를 적용하여 주말 통행이 추가 반영된 교통량, 통행속도, 통행시간을 산출하는 방법은 크게 두 가지로 구분할 수 있음
 - 대안 1의 경우 도로부문 사업에만 해당되며, 경제성 분석 시(통행배정 후) AADT/AAWDT 계수를 적용하는 방법임
 - 대안 2의 경우 도로부문, 철도부문 사업에 해당되며, 교통수요 분석 시(통행배정 전) AADT/AAWDT 계수를 적용하는 방법임

<표 2> 주말환산계수 적용 방안

| 구분 | 방법론 |
|--|---|
| 대안 1 | - AADT/AAWDT 계수 : 상시조사지점 도로교통량 자료 이용하여 산출 · 권역별 도로위계별 적용 |
| | ① 링크 통행량 - 전일 통행량: 수단별 주중 O/D의 통행배정량에 AADT/AAWDT 계수 적용 - 지점별 또는 지역별, 도로위계별 (고속국도/기타도로) 적용 * 네트워크 정산 : 주중 O/D의 통행배정량과 주중 관측교통량 비교 |
| | ② 링크 통행속도 : 수단별 주중O/D를 통행배정하여 산출된 링크속도 이용 * 주중과 주말이 동일하다고 가정 |
| | ③ 링크 통행시간 : 수단별 주중O/D를 통행배정하여 산출된 통행시간 이용 * 주중과 주말이 동일하다고 가정 |
| 대안 2 | - AADT/AAWDT 계수 : 차종별 TCS 자료 및 철도수송실적 이용하여 산출 · O/D Pair (시도) 별 적용 |
| | - 네트워크 정산 · 도로부문 : 주중O/D의 통행배정량과 주중 관측교통량 비교 · 철도부문 : 환산된 전일O/D의 전일 통행배정량과 관측교통량 비교 |
| | ① 링크 통행량 - 전일 통행량: 수단별 주중 O/D에 AADT/AAWDT 계수 적용한 후, 통행배정하여 산출 |
| | ② 링크 통행속도 : 수단별 주중 O/D에 AADT/AAWDT 계수를 적용한 후, 통행배정하여 산출 * 주중과 주말의 통행량 차이 고려 |
| ③ 링크 통행시간 : 수단별 주중 O/D에 AADT/AAWDT 계수를 적용한 후, 통행배정하여 산출 * 주중과 주말의 통행량 차이 고려 | |

<표 3> 대안별 장·단점 비교

| 구분 | 특징 | |
|-----|--|---|
| | 장점 | 단점 |
| 대안1 | - 분석과정 가장 간편함 | - 주말 통행에 대한 통행시간 및 속도 미고려 · 주말 통행시간 및 속도 산출을 위한 가정 필요 - 전국적으로 상시조사 지점이 많지 않음 · 상시조사지점자료로 산출된 주말환산계수를 개별사업 대상지 적용 시 오차 발생 가능성 |
| 대안2 | - 주말 통행에 대한 통행량, 통행시간, 통행 속도 고려가능 (전일기준으로 주중과 주말속성 혼재) - 장거리 통행(고속국도 이용)의 경우 비교적 설명력이 높음 | - 도로부문 사업의 경우, TCS자료를 이용해 산출된 AADT/AAWDT 계수를 적용하기 때문에 고속국도를 제외한 기타도로는 주말 통행패턴을 반영하기 어려움 |

- 전반적으로 주중(AAWDT)과 전일(AADT)의 통행량 변화가 크지 않기 때문에 개별사업에서는 주중O/D로 분석이 가능하지만, 사업 영향권내 주중과 전일의 통행량이 크게 상이한 사업은 주말환산계수를 적용하는 것이 바람직함
- 우선적으로 사업노선 주변에 대해 주중과 전일의 통행량이 크게 상이하게 나타나는지 주말환산계수를 이용해 판단할 필요성이 있음
- 주말수요반영 필요 시 주말환산계수는 개별사업 특성에 맞게 대안별 장단점을 고려하여 적용
 - 예) 단거리 통행의 경우 도로교통량 상시지점의 AADT/AAWDT 계수 적용, 장거리 통행의 경우 TCS의 AADT/AAWDT 계수 적용
- 또한, 소규모 교통SOC 투자평가 사업의 경우 시군단위(TCS) 또는 개별지점 단위(도로교통량 상시지점)로 AADT/AAWDT 계수를 산출하여 적용하는 것을 권장함

다. 주말통행특성 분석 및 주말환산계수 산출

- 2013년 고속국도이용 주말통행특성 분석결과, 전차종의 경우 AADT/AAWDT계수와 주말/주중 계수가 각각 1.01, 1.03으로 산출되어 주중/주말/전일의 통행량 차이는 적은 것으로 나타남
- 수단별로 승용차와 소형트럭은 주중평균일교통량(이 주말에 비해 다소 높게 나타났으며, 버스, 중형 및 대형트럭은 주중평균일교통량이 주말보다 훨씬 높게 나타나 주중과 주말교통량의 큰 차이를 보임
- 2014년의 고속국도이용 주말통행특성 역시 2013년 결과와 유사하게 나타남
 - 전차종 통행량 고려 시 주말과 주중의 차이가 거의 없으나, 수단별로는 통행량 차이를 보임
- 고속철도의 경우, 2013년과 2014년 모두 주말평균수송인원이 주중보다 높게 나타났음
 - 2013년은 주중 대비 주말평균수송인원이 1.27배 높게, 2014년은 1.22배 높게 나타남
- 일반철도 역시 2013년과 2014년 모두 주말평균수송인원이 주중보다 높게 나타났음
 - 2013년은 주중 대비 주말평균수송인원이 1.33배 높게, 2014년은 1.31배 높게 나타남

<표 4> 수단별 연간/주중/주말 총 통행량 비교

(단위: 대/일, 인/일)

| 구 분 | 2013년 | | | | | 2014년 | | | | |
|---------------|---------------|-----------|-----------|----------------|-----------|---------------|-----------|-----------|----------------|-----------|
| | 통행량 | | | 계수 | | 통행량 | | | 계수 | |
| | 주중 (AAWDT) | 주말 | AADT | AADT/ AAWDT | 주말/ 주중 | 주중 (AAWDT) | 주말 | AADT | AADT/ AAWDT | 주말/ 주중 |
| 전차종 (TCS) | 2,650,461 | 2,721,881 | 2,673,159 | 1.01 | 1.03 | 2,967,773 | 2,989,940 | 2,974,902 | 1.00 | 1.01 |
| 승용차 (TCS) | 1,922,210 | 2,200,123 | 2,010,533 | 1.05 | 1.14 | 2,151,429 | 2,420,656 | 2,238,420 | 1.04 | 1.13 |
| 버스 (TCS) | 70,466 | 36,252 | 59,592 | 0.85 | 0.51 | 75,601 | 37,086 | 63,150 | 0.84 | 0.49 |
| 화물트럭 (TCS) | 657,785 | 485,507 | 603,034 | 0.92 | 0.74 | 740,743 | 532,198 | 673,332 | 0.91 | 0.72 |
| 고속철도 | 138,030 | 175,644 | 149,984 | 1.09 | 1.27 | 146,576 | 178,759 | 156,978 | 1.07 | 1.22 |
| 일반철도 | 205,501 | 273,253 | 227,033 | 1.10 | 1.33 | 208,849 | 273,055 | 229,610 | 1.10 | 1.31 |

2. 첨단자료를 활용한 여객교통수요 신뢰도 개선방안 연구

가. 과업의 개요

1) 개요

- 여객 교통수요는 투자 평가 및 교통 운영 전략 수립 등에서 가장 기본이 되는 자료로서 높은 정확성을 확보하여야 함
- 이러한 여객교통수요는 다양한 요인들이 상호 복합적으로 작용하여 영향을 미치므로, 단순히 전통적 4단계모형으로 설명하기에 한계가 존재하며 여객수요에 대한 개별 요인들에 대한 심도 있는 분석을 통해 보다 현실적인 여객 수요예측 방법을 연구할 필요성이 있음
- 이와 관련하여 최근 내비게이션 및 스마트폰 내비게이션의 보급 확대로 여객 교통 수요 부분에서 개별 통행자들의 행태와 통행궤적 자료를 활용할 수 있게 되었음
- 또한 빅데이터 처리 기술과 내비게이션 자료, TCS (Toll collection system)자료 등 교통관련 첨단자료등 활용이 가능하여 기존 교통데이터의 단편적이고, 편향적인 한계를 극복할 수 있게 되었음
- 이러한 교통관련 첨단자료를 활용하여 자료 간 한계를 연계할 통해 수요 예측 방법에 합리적인 논리를 확보할 경우 신뢰성 있는 여객 교통 수요예측이 가능할 것으로 판단됨

2) 과업의 목표 및 범위

① 과업의 목표

- 본 과업에서는 보다 현실적인 교통수요 예측 필요성을 인지하고, 교통관련 첨단자료를 활용하여 보다 신뢰성 있는 여객 교통수요를 예측하고자 함
- 본 연구진은 지난 KTDB 과업(2014)에서 교통관련 첨단자료를 활용하여 OD의 신뢰성을 검증하는 기초 연구를 수행한 바 있음
- 본 과업에서는 여객 교통수요를 추정하는 공간적 범위를 보다 확대하여 전국 내 지역 간 도로 교통망을 커버할 수 있는 Model을 개발할 계획이며, 검증과 보완을 통해 Model의 신뢰성을 확보하고자 함

- 또한, 2014년 과업에서는 검증의 대상인 통행 OD를 검토하는 방법론 개발에 초점을 맞춘 반면, 올해 과업에서는 작년에 개발된 이론적인 방법론의 실용화를 달성하고, KTDB OD 교통량 검증의 기준이 되는 관측교통량 조사지점 재선정에 중점을 두어 연구하고자 함

② 과업의 범위

- 전국 내 지역 간 도로 교통망(고속도로+ 다차로도로)
- KTDB 네트워크와 내비게이션자료 중 차량 통행이 존재하는 도로 교통망을 기준으로 분석을 수행
- 분석의 시간적 범위: 2013 ~ 2014년 (내비게이션, KTDB등 분석 자료의 기준년도 적용)

나. KTDB 교통수요 검증지점 재선정

- 교통량 자료는 교통공학 및 계획 분야에서 광범위하게 사용되는 교통 분석의 기초자료임
- 교통 공학에서는 교통류 분석이나 교통 운영 전략의 개발과 정산 및 효과 검증 등 전 과정에 걸쳐 교통량 자료를 이용하여야 함
- 교통계획 분야에서는 수요의 총량을 확인할 수 있는 지점별 관측 교통량 자료가 예측 모형을 구축하고 검증(Validation) 하는데 있어 핵심적인 역할을 하게 됨
- 예를 들어 통행 수요 예측의 마지막 단계로서 교통 투자사업 타당성 분석의 핵심자료인 링크 교통량을 계산하는 통행배정 모형은 지점 관측 교통량을 통해 정산 (Calibration)되고 정확도를 검증받음
- 또한 기종점 통행량의 추정이나 검증 과정에서도 지점 교통량 관측 자료를 이용하는데, 특히 코든(Cordon) 라인 및 스크린(Screen) 라인 교통량은 교통 계획 전반에 걸쳐 가장 중요한 기초 자료 중 하나임
- 현재 우리나라에서 가장 광범위하게 수행되는 교통량 조사는 국토부 주관으로 건설기술연구원을 통해 수행되는 수시·상시 교통량조사임
- 이렇게 측정된 도로교통량은 일반적으로 현재 통행량 정산과 OD 검증에 활용되고 있으며, 검증의 기준(참값)으로 적용되기에 분석에 있어 매우 중요한 역할을 함

- 교통계획의 관점에서 가장 이상적인 교통량 조사는 교통망의 모든 링크에 대해 상시 조사가 이루어지는 것이나, 재원의 한계 때문에 이는 불가능함
- 한정된 예산에 따라 현재 일부 링크에서만 교통량 조사가 이루어지고 있기 때문에 현재 조사 지점이 교통 계획적 측면에서 가장 조사가 필요한 지점을 중심으로 선정되어 있어야 하나 현재 조사지점은 도로의 위계를 중심으로 선정되어 있어 교통 계획 분석에서 활용하는데 최적 위치에서 조사가 이루어지고 있지 않은 문제가 있음
- 이에 따라 본 연구에서는 현재 관측되고 있는 교통량 관측지점의 현황을 검토하고, 현 상황에 대한 문제점을 검토하고 단점을 보완하여 교통수요 검증을 위한 교통량 조사지점을 선정하는 이론을 정립하고 이를 기초로 KTDB 수요 검증용 교통량 조사지점을 재선정 하고자 함

다. KTDB OD 교통량 추정기법 고도화

- 본 연구에서는 코든과 스크린라인을 중심으로 일반 도로의 링크 관측 교통량을 OD 추정에 적용할 계획이기에 모든 KTDB OD 교통량에 대한 추정 및 검증이 이루어질 것임
- 이와 관련하여 간선도로 관측교통량의 경우 일부 링크에서 추정된 교통량이 사용될 수 있으며, 이러한 추정 링크교통량의 검증을 위해 링크 교통량 상호검증 기술을 개발하도록 함
- 물론 2015년 연구에서 개발되는 OD 추정모형에서도 내비게이션 표본 OD는 OD 교통량 추정의 Seed OD로서 반영되어 관측교통량 재현만으로 추정되는 기종점 교통량이 갖는 수학적 한계를 완화하는데 사용될 것임
- 추정 대상이 되는 기종점쌍의 숫자가 매우 많고 추정에 사용되는 자료도 방대하기에 이론적인 교통망에서 개발된 OD 추정 모형을 수정 없이 적용할 경우 상당한 추정 오차와 막대한 계산 시간이 소요될 수 있으며, 계산 메모리 부족 등으로 추정이 불가능할 가능성이 높음
- 이러한 문제의 가장 근본적인 원인은 과다한 기종점 쌍의 숫자와 통행배정 모형 이용에 따른 계산량 증가임
- 따라서 본 연구에서는 내비게이션 자료를 최대한 이용하여 통행배정모형을 이용하지 않고 내비게이션 자료에서 확인된 통행 패턴을 활용할 수 있는 OD 추정 모형을 개발할 것임
- 실제 통행의 참값인 도로 별 관측교통량 및 TCS OD 등을 통해 내비게이션 표본 OD에 적용할 수 있는 합리적인 표본율을 도출할 수 있게 된다면 내비게이션 표본 OD를 쉽게 전수화 OD로 구성할 수 있음

- 또한, OD 추정 방법으로 특정 기종점의 링크 통과비율(R_a^{ij})를 계산할 수 있게 되면 실제 관측교통량을 대입하여 손쉽게 통행배정이 가능하게 됨
- 즉, 기종점 간에 통과 비율은 정의 되었기에 기점에서 출발하는 교통량 만 입력하게 되면 별 다른 통행 배정 없이 각 링크에서 통행량을 추정할 수 있을 것으로 판단 됨
- 본 방법은 실제 관측 자료와 통행 자료를 이용하였기에 보다 신뢰성 있는 OD를 추정할 수 있을 것으로 판단됨
- 그리고 추정 대상이 되는 기종점쌍 역시 KTDB OD에서 일정한 크기 이상의 교통량이 존재 하는 기종점쌍 중 내비게이션 자료를 통해 검증이 가능한 기종점쌍으로 제한하며 그 선정 기준에 대한 연구를 진행할 것임
- 올해 과업에서 교통량 조사지점 및 추정 교통량이 검증된다면 OD를 전수화하는 과정에서 1 차적인 검증이 이루어지고, 전수화 된 OD를 TCS, 내비게이션데이터, 관측교통량 등을 활용 하여 2차 검증을 수행할 수 있기에 전수화 된 OD의 사전·사후 검증이 이루어져 분석의 신 뢰성은 높아질 것으로 판단됨
- 본 연구를 통해 OD 검증의 신뢰성을 높일 것으로 판단되며, 전수화된 OD가 교통 분야의 여러 연구에서 타당성을 확보할 수 있을 것으로 판단됨

라. KTDB 기종점 교통량 신뢰수준 분석

- KTDB 기종점 교통량 신뢰수준 분석에서는 내비게이션 자료의 기초특성 분석, 내비게이션 자료 표본을 분석, 내비게이션 전수화 OD 기반 KTDB 통행수요 검증, OD 추정 모형 입력자 료 구축 및 검증, KTDB 기종점 통행량 분석결과 교차검토를 수행함
- 내비게이션 자료의 기초특성 분석에서는 현재 내비게이션 자료가 갖는 편기성을 분석하고 이를 반영해 현재의 내비게이션 표본 OD를 KTDB OD 검증이 가능한 우리나라 지역 간 승용차 통행수요의 대표성을 갖는 OD로 변환하기 위한 분석을 시행하고 이를 가능케 할 표 본을 적용 방안을 제시하였음
- 내비게이션 자료 표본을 분석에서는 내비게이션 자료의 공간적인 분포 특성을 분석하고, 이를 존이나 기종점의 사회경제적인 지표들과 비교하여 내비게이션 자료의 공간적인 편기 가능성 을 확인함

- 내비게이션 전수화 OD 기반 KTDB 통행수요 검증에서는 존 별 표본율을 이용한 전수화 방법과 통행거리 그룹별 자료비율을 이용한 전수화 방법을 사용하여 보다 적합한 내비게이션 표본 OD 전수화 방법에 대해 분석하였음
- OD 추정 모형 입력자료 구축 및 검증에서는 KTDB 추정 대상 기종점 쌍을 선정, 내비게이션 자료 필터링을 위해 궤적분석을 시행, 고속도로 유출입 교통량 분석, R값의 계산과 검증, H값의 계산과 검증을 통하여 OD 추정 모형 입력자료 구축 및 검증을 시행하였음
- KTDB 기종점 통행량 분석결과 교차검토에서는 내비게이션 자료의 OD 구조를 이용하여 현재 KTDB OD의 구조를 검토하였으며, 내비게이션 자료의 표본율을 계산하여 이를 통한 전수화를 수행한 뒤 기존의 기법과 같이 통행배정을 실시하여 관측교통량의 재현율을 분석하였음

마. KTDB VDF 정산 현행화 및 일전환계수 검토

- KTDB VDF 정산 현행화 및 일전환계수 검토에서는 갱신된 유료도로 통행요금 체계 등을 고려하여 유료도로 가중치를 갱신하고 내비게이션 데이터를 활용하여 KTDB VDF의 일전환계수를 검토하였음

3. 경전철 수요분석 방안 연구

가. 과업 개요

- 1992년 8월 부산~김해경전철이 경전철 시범사업으로 선정된 이후 여러 지자체는 경전철 사업을 도시교통문제를 해결하는 동시에 시정홍보의 중요한 수단으로 여기고 추진하고자 함
- 현재, 부산~김해경전철, 부산 4호선, 의정부경전철, 용인경전철, 대구도시철도 3호선의 5개 노선이 운영 중에 있고 서울 우이~신설 경전철, 인천도시철도 2호선이 공사 및 개통 준비 단계에 있음
- 현재 운영 중인 대부분의 경전철의 경우, 개통 후 수송실적이 당초 수요 예측과 상당한 차이를 보이고 있어 경전철 수요분석을 위한 기준 및 방법론의 부재가 지적되고 수요분석 정확성 제고에 대한 요구가 증대되고 있음
 - 감사원에서는 2013년 경전철 건설사업 추진실태 감사에서 경전철 수단분담률 추정 기준인 경전철 별도의 수단선택모형 정립을 요구
- 이에 본 연구는 국가교통DB(Korea Transport Data Base)를 기초자료로 활용한 경전철사업 교통수요분석 방안을 검토하고자 하며 주요 검토 내용으로 다음과 같은 연구를 수행하고자 함
 - 수단선택모형 접근 : 경전철 수단선택모형(효용함수) 적용 적정성 검토
 - 통행배정방법 접근 : 부산김해경전철 수요분석방안 제안 및 사례분석
- 경전철의 수단선택모형 등의 통행특성은 경전철 운행 특성 및 운행지역에 따라 특성이 다르며 일반화하여 모형을 개발하기에는 다소 무리가 따른다고 판단되어 분석대상 지역을 선정하여 사례분석을 수행함
- 본 연구에서는 국내 최초의 경전철 사업으로 추진된 부산4호선(2011.03.개통)과 부산~김해 경전철(2011.09.개통)이 운행되어 경전철이 하나의 수단으로서 비교적 안정화 단계에 접어들었다고 판단되는 부산·울산 광역권을 대상으로 분석 및 검토를 수행함

나. 경전철 수요분석 사례 조사

1) 국내의 경전철과 수요분석 방법

- 현재 국내에서 운영 중인 경전철은 부산·김해경전철, 부산 4호선, 의정부경전철, 용인경전철, 대구도시철도 3호선의 5개 노선이 있음
- 경전철 사업의 타당성 검토는 일반적으로 지자체의 사전타당성 검토, 기획재정부의 예비타당성 조사, 국토교통부의 타당성 평가 순으로 진행됨
- 예비타당성조사부터는 경전철 사업의 교통수요를 추정하기 위한 방법으로 4단계 교통수요분석모형을 사용하며, 분석 기초자료로써 국가교통DB를 사용하고 있음
- 4단계 모형을 이용한 경전철 사업의 교통수요분석 시 쟁점사항으로는 다음과 같음
 - 수단선택모형에서 경전철을 도시철도와 독립적인 별도의 대안으로 고려할 것인지 여부
 - 수단선택모형에서 경전철을 별도의 대안으로 분리하지 않지만, 경전철이 포함된 대안(도시철도) 내 효용함수 구축 시 경전철 특성변수를 반영할 것인지 여부
 - 수단선택모형에서 경전철을 별도의 대안으로 분리하지 않고, 통행배정모형에서 네트워크 속성 및 일반화가중치 등을 적용함으로써 경전철 특성을 반영할 것인지 여부
- 국내에서 위와 같은 쟁점사항이 존재하는 가운데, 해외에서는 어떠한 방법으로 경전철 수요 분석이 이루어지는 지 수단선택모형과 통행배정모형을 중심으로 조사하였음

2) 해외 경전철 수요분석 사례

① 아일랜드 더블린 권역

- 수요분석 시 수단선택 모형과 출발시간선택모형, 경로선택(통행배정)모형은 서로 연결되어 통행 수단별 시간별 경로선택이 평형상태에 도달할 때까지 반복적으로 분석을 수행
- 대중교통 세부 수단별 O/D는 구축하지 않고, 버스와 철도네트워크가 합쳐진 대중교통 네트워크에 통행배정을 수행

② 호주 뉴사우스웨일스주

- 기본적으로 4단계 모형에 따라 수요분석이 수행되나, 통행분포와 수단선택이 결합된 형태를 가짐

- 대중교통 수단은 목적별로 버스와 철도(경전철과 페리 포함)로 나누어 O/D매트릭스가 얻어지며, 통행배정 단계에서 이를 이용해 버스와 철도 각각 통행배정을 실시함
 - 철도(경전철, 페리 포함)의 경우 최적전략모형을 써서 통행배정이 수행됨

③ 미국

- 미국에서는 교통수요예측 위한 모형으로 대부분 4단계 모형을 적용하고 있으며, 이 중 MPO 별로 차이가 있으나 수단선택모형으로 다항로짓모형과 네스티드 로짓 모형을 사용하고 있음
- 일반적으로 수단선택모형 내 통행 대안들로, 자가용, 대중교통, 그리고 자전거와 도보와 같은 비동력(non-motorized) 수단으로 분류하고 있음

④ 캐나다 Calgary시

- 캐나다 Calgary시에서는 수요분석 시 통행수단으로 자가용 이용자(1인, 2인, 3인 이상), 대중교통 이용자(도보 접근), Park&ride(자가용-)대중교통), Ride&unpark(대중교통-)자가용), 도보, 자전거, 스쿨버스로 구분함

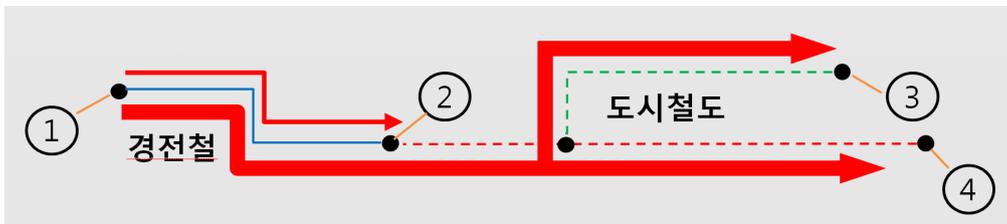
⑤ 시사점

- 수단선택 모형은 주로 다항로짓모형과 네스티드 로짓 모형이 주로 사용되고 있었음
 - 수단모형 내 대안으로는 자가용과 대중교통으로 대안을 분류하며, 자가용과 대중교통의 하위대안(수단)이 같은 위계를 갖도록 모형을 구성한 사례는 없었음
- 또한 수단선택, (출발시간선택), 통행배정의 각 단계가 순차적으로 한번만 이루어지는 것이 아니라 루프구조를 갖고 통행시간이 평형상태에 이를 때까지 반복적으로 수행하는 점들 사례들의 공통된 특징으로 꼽을 수 있음
- 경전철의 경우, 수단선택모형에서 별도의 대안으로 분리된 경우는 없었음
 - 국내의 경우, 현재 운행 중인 지하철과 경전철은 서로 경쟁대안 관계가 아니기 때문에 경전철을 별도의 대안으로 분리하는 것은 적절치 않다고 판단됨
- 일부 해외사례와 같이 수단선택모형에서 대중교통 세부 수단별 O/D를 구축하지 않고, 통행배정단계에서 수단이 나뉘지는 경우에는 환승통행을 포함한 mixed mode 통행 분석이 보다 용이할 수 있을 것으로 여겨짐

다. 경전철 수단선택모형 적정성 검토

1) 경전철 수단선택모형에 대한 주요 쟁점 사항

- 접근, 대기, 환승통행 측면에서 경전철과 도시철도 이용자의 통행패턴이 유사하고 통행자는 경전철과 도시철도를 서로 다른 수단(경쟁적 수단, 상호 배타적인 수단)으로 인식하지 않을 수 있음
- 경전철 노선은 노선범위가 국지적이고 비교적 단구간으로 운행되어 경전철 단일수단만을 이용한 통행 비율 미비 예상(통행완결성 및 수단 Coverage 협소)
- 도시철도와 경전철 운영 노선이 다른 구간을 운행하고 환승으로 연결되어 있어서 물리적으로 두 가지 중에서의 선택의 상황이 아니라 할 수 있음
- 수단선택 행위 시 경전철 통행비용(광역환승요금 포함)과 통행시간은 이미 기존 효용함수에 포함되어 있어 기존 모형에서 경전철 통행특성이 반영되어 있다고 볼 수 있음
- <그림 1>과 같이 통행자의 수단선택은 승용차, 버스, 도시철도의 선택집합 내에서 이루어질 가능성이 높으며 별도의 경전철 수단분담모형이 ①→② 통행은 설명 가능하나 ①→③과 ①→④ 통행은 설명 불가능함



<그림 1> 경전철과 도시철도 이용 통행 행태(경전철 주수단 정의 문제)

2) 경전철 특성 변수 추가를 통한 수단선택모형 적정성 검토

- 수단선택모형에 경전철 지역특성을 추가하여 경전철 수단통행의 고유특성 존재 및 분할 가능성을 검토하여 주수단 선택집합(승용차, 버스, 도시철도, 경전철)의 확장 가능성을 분석함
- 경전철 지역특성을 고려한 수단선택 모형 구축 및 검토는 다음의 단계로 수행되어짐
 - i) 기준년도 기종점간 주수단 통행량(승용차, 버스, 도시철도) 현행화
 - ii) 기종점간 주수단 통행량 자료 구축

- 기준년도 현행화 자료, 3개 주수단 통행량 자료 구축
- iii) 기종점간 각 수단의 통행시간, 통행비용 등 관련변수 산출
- iv) 다항로짓모형 정산 및 최적 모형 선정
 - 기존모형 : 기존 3개 주수단 반영(도시철도 특성변수 고려)
 - 신규모형 : 기존 3개 주수단 반영(도시철도와 경전철을 분리하여 특성변수 고려)
- 출발지 또는 도착지에 경전철 역이 있고, 출발지 또는 도착지에 도시철도 역이 있는 기종점을 추출(약 4,571쌍)하여 해당 기종점에 도시철도역, 경전철역 특성변수(더미변수)를 적용

① 수단선택모형 구축

- 모형 1은 경전철과 도시철도를 합쳐서 도시철도 지역특성 변수로 함께 고려한 기존모형 형태이고 모형 2와 3은 경전철 지역특성 변수를 분리하여 추가한 형태임
- 시내 통행에 대한 승용차 효용이 시외통행과 차이가 있을 수 있어 승용차 효용함수에 시내 통행에 대한 더미변수를 추가하여 구축하였고 모형에서 사용된 변수는 <표 5>와 같이 정의함

<표 5> 수단선택모형 변수 정의

| 변수명 | 설명 |
|-----------|---|
| t | 기종점간 통행시간(승용차, 버스, 도시철도) |
| c | 기종점간 통행비용(승용차, 버스, 도시철도) |
| B | 버스 수단 더미변수 |
| D | 도시철도 수단 더미변수 (1234호선+경전철) |
| $IntraD$ | 시내 통행 더미변수 × 승용차 수단 더미변수(I) |
| $Mall_1$ | 도시철도(1~4호선+LRT) 역 더미변수 × 승용차 수단 더미변수(M_1) |
| $Mall_3$ | 도시철도(1~4호선+LRT) 역 더미변수 × 도시철도 수단 더미변수(M_3) |
| $M123_1$ | 도시철도(1~3호선) 역 더미변수 × 승용차 수단 더미변수(M'_1) |
| $M123_3$ | 도시철도(1~3호선) 역 더미변수 × 도시철도 수단 더미변수(M'_3) |
| $M1234_1$ | 도시철도(1~4호선) 역 더미변수 × 승용차 수단 더미변수(M''_1) |
| $M1234_3$ | 도시철도(1~4호선) 역 더미변수 × 도시철도 수단 더미변수(M''_3) |
| Lrt_1 | LRT(4호선, 부산·김해경전철) 역 더미변수 × 승용차 수단 더미변수(L_1) |
| Lrt_3 | LRT(4호선, 부산·김해경전철) 역 더미변수 × 도시철도 수단 더미변수(L_3) |
| Bgl_1 | BGL(부산·김해경전철) 역 더미변수 × 승용차 수단 더미변수(L'_1) |
| Bgl_3 | BGL(부산·김해경전철) 역 더미변수 × 도시철도 수단 더미변수(L'_3) |

주) 역 더미변수 : 통행의 기점 또는 종점에 역이 있는 기종점의 경우 1

- 모형 1 : 경전철 특성 변수 제외 (기존모형 형태)

$$\text{(승용차 효용)} \quad U_a = T \cdot t_a + C \cdot c_a + I \cdot IntraD + M_1 \cdot Mall_1$$

$$\text{(버스 효용)} \quad U_b = T \cdot t_b + C \cdot c_b + B$$

$$\text{(도시철도 효용)} \quad U_m = T \cdot t_m + C \cdot c_m + M_3 \cdot Mall_3 + D$$

- 모형 2 : 경전철 특성 변수 추가 (도시철도 4호선과 부산·김해경전철 분리)

$$\text{(승용차 효용)} \quad U_a = T \cdot t_a + C \cdot c_a + I \cdot IntraD + M'_1 \cdot M123_1 + L_1 \cdot Lrt_1$$

$$\text{(버스 효용)} \quad U_b = T \cdot t_b + C \cdot c_b + B$$

$$\text{(도시철도 효용)} \quad U_m = T \cdot t_m + C \cdot c_m + M'_3 \cdot M123_3 + L_3 \cdot Lrt_3 + D$$

- 모형 3 : 부산·김해경전철 특성 변수 추가 (부산·김해경전철만 분리)

$$\text{(승용차 효용)} \quad U_a = T \cdot t_a + C \cdot c_a + I \cdot IntraD + M''_1 \cdot M1234_1 + L'_1 \cdot Bgl_1$$

$$\text{(버스 효용)} \quad U_b = T \cdot t_b + C \cdot c_b + B$$

$$\text{(도시철도 효용)} \quad U_m = T \cdot t_m + C \cdot c_m + M''_3 \cdot M1234_3 + L'_3 \cdot Bgl_3 + D$$

② 수단선택모형 구축 결과

- 전체 통행수단에 대하여 각 수단의 통행시간(t), 통행비용(c)이 증가하면 효용이 감소하는 것으로 나타나며 B , M 의 계수 추정 결과를 보면 기본적으로 버스와 도시철도의 선택확률이 승용차 보다 낮게 나오는 결과를 보임
- $IntraD$ 의 계수 추정 결과가 음의 값을 갖는 것으로 분석되어 시내통행에 있어서 승용차 통행 효용은 감소하는 것으로 나타났고 이는 시내통행의 경우 버스와 도시철도의 선택확률이 높음을 의미함
- 기점 또는 종점에 도시철도역이 존재하면 승용차 통행 효용이 감소하고 도시철도 통행효용이 증가하는 것으로 분석됨

<표 6> 모형1 구축 결과

| Log likelihood = -6241004.3 | | | | | | Number of obs = 24247323 |
|-----------------------------|------------|-----------|---------|--------|------------|--------------------------|
| | | | | | | LR chi2(7) = 5276929.31 |
| | | | | | | Prob > Chi2 = 0.0000 |
| | | | | | | Pseudo R2 = 0.2971 |
| 변수 | 계수 | 표준오차 | Z | P > Z | 95% 신뢰구간 | |
| <i>t</i> | -0.0293061 | 0.0000913 | -321.13 | 0.000 | -0.029485 | -0.0291272 |
| <i>c</i> | -0.0000965 | 3.99e-07 | -241.63 | 0.000 | -0.0000973 | -0.0000957 |
| <i>B</i> | -2.449106 | 0.0052806 | -463.80 | 0.000 | -2.459456 | -2.438757 |
| <i>M</i> | -3.00008 | 0.0063121 | -475.29 | 0.000 | -3.012452 | -2.987709 |
| <i>IntraD</i> | -1.626409 | 0.0041473 | -392.16 | 0.000 | -1.634538 | -1.618281 |
| <i>StaD₁</i> | -0.4218177 | 0.0017731 | -237.89 | 0.000 | -0.425293 | -0.4183424 |
| <i>StaD₂</i> | 0.6173215 | 0.0035195 | 175.40 | 0.000 | 0.6104233 | 0.6242196 |

- 모형 2의 구축결과에서 전체 통행수단에 대하여 각 수단의 통행시간(*t*), 통행비용(*c*)이 증가하면 효용이 감소하는 것으로 나타나며 *B*, *M*의 계수 추정 결과에 따라 기본적으로 버스와 도시철도의 선택확률이 승용차 보다 낮은 것으로 분석되고 시내통행의 경우 승용차 통행 효용이 감소하는 결과를 보임
- 기점 또는 종점에 도시철도(1호선~3호선) 역이 존재하면 승용차 통행의 효용이 감소하고 도시철도 통행의 효용이 증가하는 것으로 분석됨
- 기점 또는 종점에 LRT 역이 존재하면 승용차 통행의 효용이 증가하고 도시철도 통행의 효용도 증가하는 것으로 분석되었는데 승용차 통행 효용의 증가는 일반화시키기 어려운 결과로 보임

<표 7> 모형2 구축 결과

| Log likelihood = -6218660.6 | | | | | | Number of obs = 24247323 |
|-----------------------------|------------|-----------|---------|--------|------------|--------------------------|
| | | | | | | LR chi2(7) = 5321515.87 |
| | | | | | | Prob > Chi2 = 0.0000 |
| | | | | | | Pseudo R2 = 0.2997 |
| 변수 | 계수 | 표준오차 | Z | P > Z | 95% 신뢰구간 | |
| <i>t</i> | -0.0286298 | 0.0000905 | -316.35 | 0.000 | -0.0288072 | -0.0284524 |
| <i>c</i> | -0.0000974 | 3.95e-07 | -246.75 | 0.000 | -0.0000982 | -0.0000967 |
| <i>B</i> | -2.264583 | 0.0053644 | -422.15 | 0.000 | -2.275098 | -2.254069 |
| <i>M</i> | -2.78383 | 0.0064169 | -433.83 | 0.000 | -2.796407 | -2.771253 |
| <i>IntraD</i> | -1.441339 | 0.0042461 | -339.45 | 0.000 | -1.449661 | -1.433017 |
| <i>StaD'₁</i> | -0.4785948 | 0.0018145 | -263.77 | 0.000 | -0.482151 | -0.4750385 |
| <i>StaD'₂</i> | 0.5650332 | 0.0035603 | 158.70 | 0.000 | 0.5580551 | 0.5720113 |
| <i>LrtD₁</i> | 0.5817832 | 0.0048528 | 119.89 | 0.000 | 0.5722719 | 0.5912945 |
| <i>LrtD₂</i> | 0.7990139 | 0.0067851 | 117.76 | 0.000 | 0.7857154 | 0.8123124 |

- 모형 3의 통행시간, 통행비용, 수단특성상수, 시내통행 더미변수, 도시철도역 더미변수의 계수 부호는 모형2의 결과와 동일하게 분석되며 모형2와 동일하게 기점 또는 종점에 부산·김해경전철역이 존재할 경우, 도시철도 효용만이 아닌 승용차 효용도 함께 증가하는 결과가 나타남

<표 8> 모형3 구축 결과

| Log likelihood = -4731618.1 | | | | Number of obs | = | 15006432 |
|-----------------------------|------------|-----------|---------|---------------|------------|------------|
| | | | | LR chi2(7) | = | 1527597.51 |
| | | | | Prob > Chi2 | = | 0.0000 |
| | | | | Pseudo R2 | = | 0.1390 |
| 변수 | 계수 | 표준오차 | Z | P > Z | 95% 신뢰구간 | |
| <i>t</i> | -0.0120259 | 0.0001304 | -92.26 | 0.000 | -0.0122814 | -0.0117705 |
| <i>c</i> | -0.0000446 | 7.92e-07 | -56.27 | 0.000 | -0.0000461 | -0.000043 |
| <i>B</i> | -1.910403 | 0.0058715 | -325.37 | 0.000 | -1.921911 | -1.898895 |
| <i>D</i> | -2.811371 | 0.0070605 | -398.18 | 0.000 | -2.825209 | -2.797533 |
| <i>IntraD</i> | -1.286024 | 0.0046438 | -276.94 | 0.000 | -1.295126 | -1.276923 |
| <i>M1234₁</i> | -0.09759 | 0.0024973 | -39.08 | 0.000 | -0.1024847 | -0.0926953 |
| <i>M1234₃</i> | 0.889866 | 0.0038165 | 233.16 | 0.000 | 0.8823865 | 0.8973468 |
| <i>Bgl₁</i> | 0.5905385 | 0.0047344 | 124.73 | 0.000 | 0.5812592 | 0.5998179 |
| <i>Bgl₃</i> | 1.170786 | 0.0062327 | 187.84 | 0.000 | 1.15857 | 1.183001 |

- 통행시간과 통행비용을 산출하여 경전철 특성변수 추가 수단선택 모형을 구축한 결과는 일반화시키기 어려운 결과를 도출시키고 있고 이러한 결과는 경전철과 도시철도를 분리해서 수단선택확률을 구하는 것이 합리적이지 않으며 이 두 수단이 상호 배타적인 교통수단이 아니라는 것을 보여주는 것이라 할 수 있음
- 기존 모형에 경전철 통행특성이 반영되어 있어 경전철 특성변수를 포함한 수단선택 모형의 유의성은 부산울산광역시권의 지역특성에 의해 나타나는 것으로 판단되며 타 지역에 대한 검토가 추가적으로 필요하다고 판단됨

3) 설문조사(SP 조사) 자료 기반 수단선택모형 적정성 검토

- 본 연구에서는 통행자들에게 선택 가능한 수단이 경전철과 도시철도로 주어질 수 있는 7개 쌍의 통행 기종점을 선정하여 SP 조사를 수행함
 - 서면역~대저역 구간 통행의 경우 도시철도+경전철, 도시철도+도시철도의 경쟁관계가 발생

① 조사 방법

- 대중교통 이용현황 및 가상의 요금, 통행시간 조건에 대한 선택 여부 등 총 10문항 설문(현장 면접 조사 및 인터넷 조사 수행)
 - 현장조사 장소 : 서면역 등 2호선 도시철도 역사 내
 - 조사일시 : 2016년 1월 11일 ~ 2016년 1월 18일(주중)

② 수단선택모형 구축 결과

- 대안특성변수로 수단별 통행시간 및 통행비용 변수와 도시철도 탑승 → 경전철 환승의 대안 상수를 이용한 조건부 로짓모형을 구축함
- 동일한 기종점간의 통행에서 도시철도와 경전철의 효용차이를 분석하기 위하여 도시도시철도 환승과 경전철 환승의 효용에 따른 수단선택 모형을 구축하고 모형의 적정성을 검토함
- 모형 : (도시철도+도시철도 효용) $U_m = T \cdot t_m + C \cdot c_m$
 (도시철도+경전철 효용) $U_l = T \cdot t_l + C \cdot c_l + Meteor_Lrt$

<표 9> 수단선택모형 변수 정의

| 변수명 | 설명 |
|-------------------|---------------------------|
| <i>t</i> | 통행시간(도시철도+도시철도, 도시철도+경전철) |
| <i>c</i> | 통행비용(도시철도+도시철도, 도시철도+경전철) |
| <i>Meteor_Lrt</i> | 도시철도 탑승후 경전철 환승의 대안상수 |

<표 10> 도시철도와 경전철 수단선택모형 구축 결과

| Log likelihood = -317.09257 | | Number of obs = 1156 | | | | |
|-----------------------------|------------|----------------------|-------|--------|------------|------------|
| | | LR chi2(7) = 167.09 | | | | |
| | | Prob > Chi2 = 0.0000 | | | | |
| | | Pseudo R2 = 0.2085 | | | | |
| 변수 | 계수 | 표준오차 | Z | P > Z | 95% 신뢰구간 | |
| <i>t</i> | -0.1602822 | 0.0305553 | -5.25 | 0.000 | -0.2201695 | -0.1003948 |
| <i>c</i> | -0.0002048 | 0.0012543 | -0.16 | 0.870 | -0.0026632 | 0.0022535 |
| <i>Meteor_Lrt</i> | -1.077412 | 0.6966749 | -1.55 | 0.122 | -2.442869 | 0.288046 |

- 모형 구축 결과, 통행시간 및 통행비용 증가 시 효용은 감소하는 것으로 나타났으나, 통행 비용은 수단 선택에 유의한 영향을 주지 않음

- 대안상수(도시철도 탑승 후 경전철 환승)의 부호는 음(-)의 값을 가져 도시철도 탑승 후 경전철 환승 선택확률이 도시철도 간 환승 선택에 비해 낮음을 알려주고 있으며 추정계수의 통계적 유의성($H_0 : \text{대안상수}=0$)은 비교적 낮은 것으로 나타남
- 즉 경전철이 선택 가능한 수단일 때, 이용자들의 선택행위는 통행비용보다는 통행시간에 유의한 영향을 받고 경전철 고유의 특성(대안상수)은 통계적 유의성을 갖지 못하는 것으로 나타남

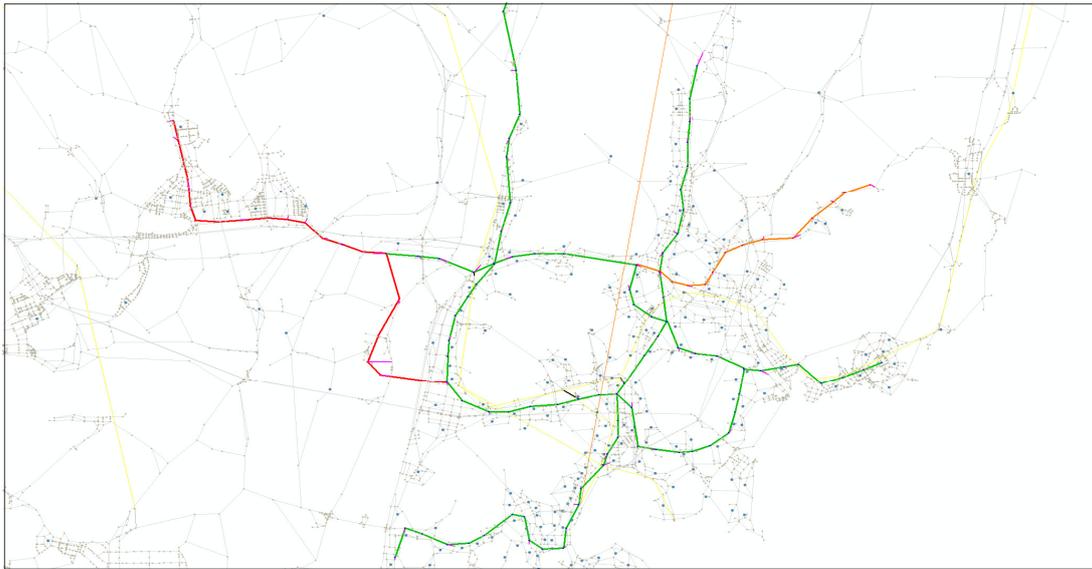
③ 검토 결과

- 설문조사 결과를 이용한 조건부 로짓모형 구축 결과, 설문 대상자들의 수단 선택행태는 각 수단의 통행시간에 유의한 영향을 받는 것으로 나타났으며, “도시철도+경전철” 대안상수는 유의한 값을 가지지 못하는 것으로 분석되었음
- 이러한 결과는 경전철이 선택 가능한 대안이라 할지라도 경전철 노선은 기존 도시철도 노선과 환승이 용이하도록 건설되어 있어 이용자 입장에서는 차량(경전철, 중전철)의 차이 또는 운행방법(무인, 유인운전)의 차이보다는 통행시간의 차이가 수단 선택 시 큰 영향을 주는 요인인 것임을 나타냄
- 결국, 수요분석 시 경전철과 도시철도의 차량 및 운행방법에 따른 수단구분 보다는 도시철도라는 선택 집합 내에서 노선별 통행시간을 보다 명확히 반영하여 분석을 수행하는 것이 중요하다 판단됨

라. 통행배정 이용 경전철 수요분석 방안

1) 경전철 수요분석 개요

- 경전철이 비교적 짧은 구간을 운행하며 도시철도와 서로 경쟁 노선이 아니고 환승으로 연결되어 있어 경전철 이용자의 수단선택이 승용차, 버스, 도시철도(경전철)의 선택집합 내에서 이루어진다는 가정 하에 통행배정측면에서 수요분석을 수행하는 방안을 제시함
- 통행배정 측면에서의 경전철 수요분석 방안에 대한 사례로 비교적 경전철 운행이 안정화 단계에 접어들었다고 판단되는 부산·울산광역권의 부산도시철도 4호선과 부산·김해경전철을 대상으로 분석을 수행함(2013년 기준년도 국가교통DB 사용)



<그림 2> 부산·울산광역권 도시철도망

2) 경전철 통행배정 관련 주요 변수

- 통행자는 경전철 경로를 포함한 기존점간에 이용 가능한 경로를 탐색하며 이러한 경로를 탐색하기 위하여 접근시간, 대기시간, 탑승시간, 환승시간 등의 차외시간과 차내시간, 요금 등이 함께 고려된 일반화 비용을 고려하게 됨
 - 접근시간(Access time) : 출발지에서 정류장까지의 이동시간
 - 대기시간(Wait time) : 정류장 도착시간부터 탑승까지의 시간
 - 탑승시간(Dwell time) : 대중교통 수단의 탑승에 필요한 시간
 - 환승시간(Transfer time) : 환승정류장에서 환승을 위해 필요한 시간
 - 도착시간(Egress time) : 도착 정류장에서 최종 목적지까지의 이동시간

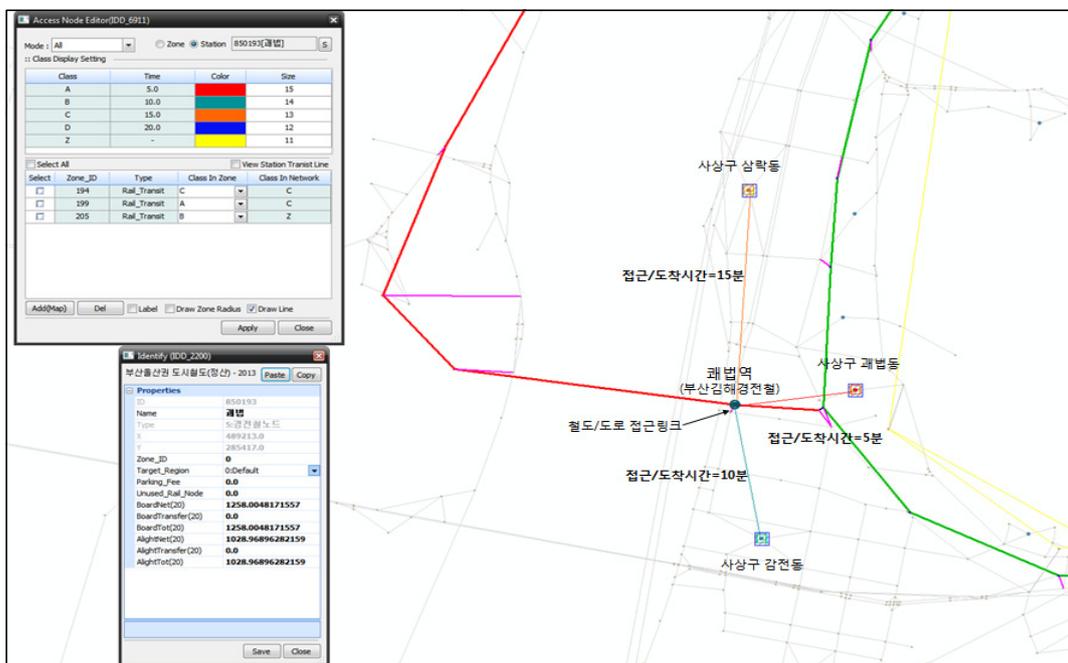


<그림 3> 기존점간 대중교통 경로의 일반화비용

- 경전철 수요를 정확하게 분석하기 위해서는 이러한 차외시간, 차내시간, 요금을 보다 현실적으로 반영해야 하며 각 항목에 대하여 다양한 방법에서의 조정 작업이 필요함

① 접근 및 도착시간

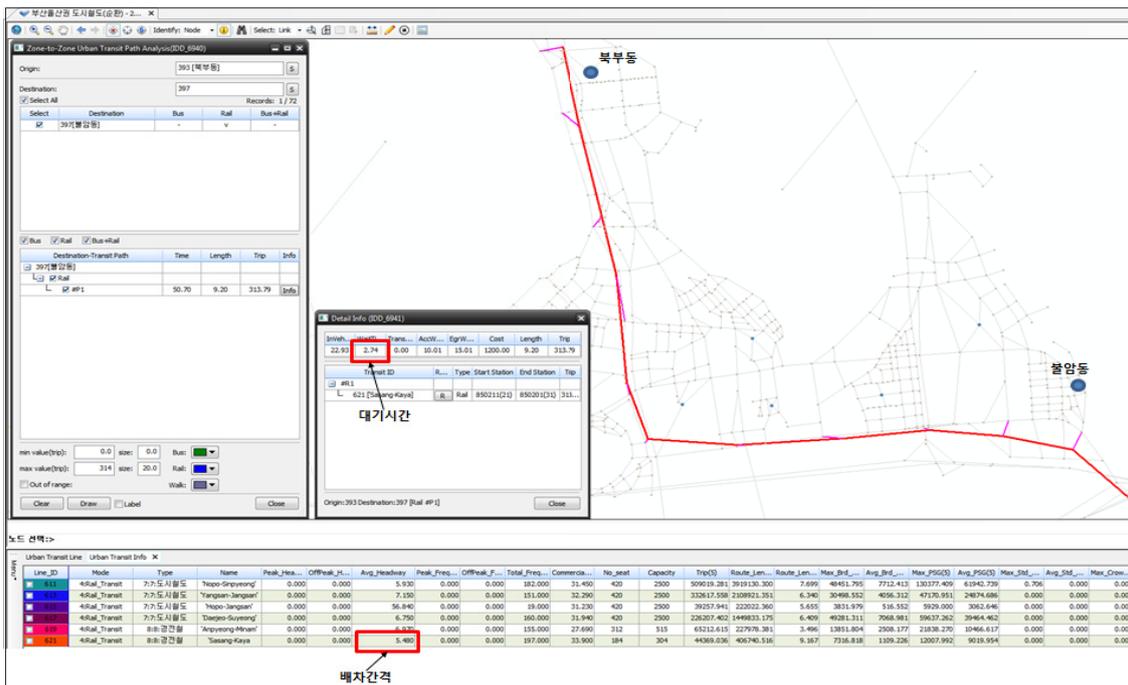
- 보다 정확한 접근 및 도착시간을 반영하기 위해서는 환승시간과 마찬가지로 교통존에서의 접근 및 도착시간의 분포를 조사하고 센트로이드의 위치 조정 및 접근링크 구축 및 보정작업을 위한 정산 과정을 수행하여야 함
- 다음은 부산김해경전철의 쾌법역에 대하여 정산과정을 거치면서 접근 가능한 영향권 범위의 교통존을 선정하고 접근 및 도착시간 반영을 위하여 접근링크를 생성하여 접근/도착시간을 설정한 것임



<그림 4> 경전철 및 도시철도 접근 및 도착시간 보정 (ImTas 이용)

② 대기시간

- 대기시간의 경우 대도시권 도시철도의 대기시간은 차량 편성이 많고 비교적 짧은 배차간격을 가지고 있기 때문에 확률적으로 배차간격의 1/2를 적용하는 것이 합리적이며 일반적인 상용 교통수요분석 도구에서는 입력된 대중교통 노선별 배차간격의 1/2 시간을 대기시간으로 설정하도록 되어 있음

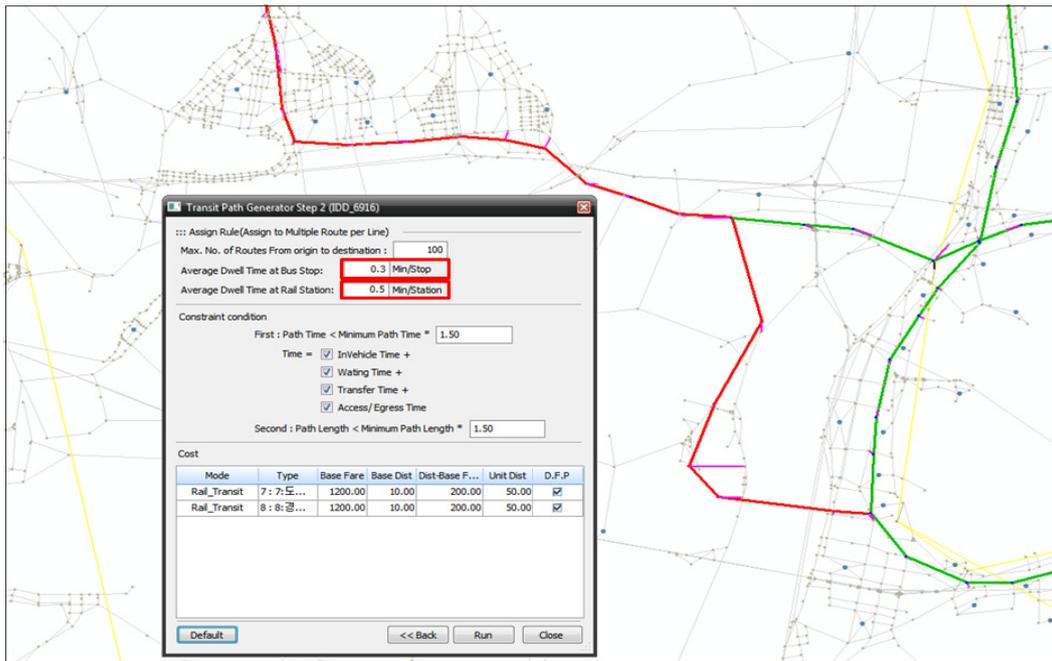


<그림 5> 경전철 및 도시철도 대기시간 설정

- 부산김해경전철의 경우, 평균배차간격을 검토하여 5.48분으로 입력하면 북부동에서 불암동까지의 경전철 통행경로에서 대기시간이 2.74(5.48/2)분으로 설정되는 것을 확인할 수 있음

③ 탑승시간

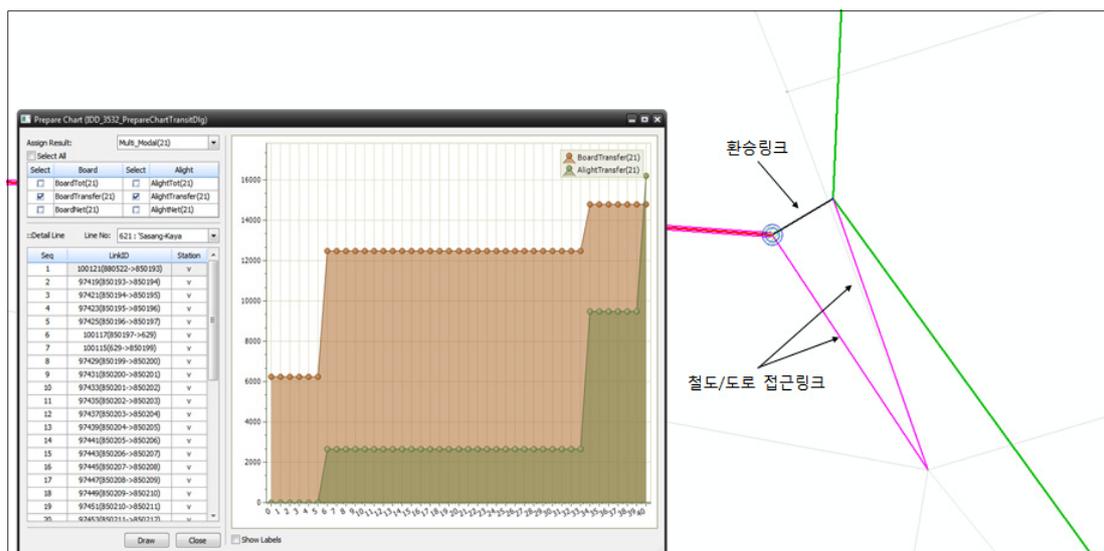
- 도시철도와 버스에 대한 탑승시간을 구분하여 고려할 수 있고 도로·철도부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제5판)(2008)에서는 0.5~2분의 탑승시간을 지정하고 있음
- 부산울산광역시권의 사례 분석에서는 경전철을 포함한 도시철도에 대해서는 0.5분, 버스에 대해서는 0.3분의 탑승시간을 적용하여 분석을 수행함



<그림 6> 도시철도와 버스의 탑승시간 설정

④ 환승시간

- 환승시간은 환승통행시 소요되는 시간이고 보다 정확한 경전철 수요분석을 위해서 환승링크를 구축하여 수단간 환승을 구현해야 함
- 지금까지 부산·울산광역시권 도시철도망은 환승링크가 구축되어 있지 않아 도시철도 통행배정의 결과에 오류가 발생할 수 있어 2015년 현행화 사업에서 환승링크 구축 작업을 선행하여 통행배정의 오차율을 최소화시켰으며 개선된 도시철도망을 기준으로 경전철 수요분석을 수행함
- 환승시간은 환승의 대상이 되는 정류장간의 거리 및 시설에 따라 각각 다를 것이며 보다 정확한 환승시간을 고려하기 위해서는 환승 이동거리에 대한 조사를 통해 실제 환승시간을 반영하고 정산과정을 통해 조정해야 함
- 부산·울산광역시권 현행화 사업에서 산출된 시간가치 10,571원/시와 보행평균속도 1.2m/초를 이용하면 0.408m/원이 계산되며 500원의 환승요금은 204m로 계산되어 이 거리를 환승링크 거리에 추가하고 정산과정을 통하여 조정하는 작업을 수행함



<그림 7> 경전철 및 도시철도 환승링크 설정

3) 경전철 수요분석 사례 검토 결과

- 경전철 수단선택모형 별도 구축에 대한 적정성이 보장되지 않은 상황에서는 경전철을 도시 철도라는 선택 집합 내에 두고 노선별 통행비용과 관련 통행변수를 보다 현실을 정확히 반영할 수 있도록 분석을 수행한다면 보다 정확한 수요분석이 가능할 것이라 판단됨
- 경전철 수요분석을 위해서는 경전철 운영계획, 접근/도착, 환승과 관련한 주요 변수를 정확히 파악하고 이용하는 교통수요 분석도구 및 지역적 특성에 따라 합리적인 반영 방법론을 수립하여야 함
- 경전철 수요분석은 단순히 주어진 기초자료를 이용하여 기계적으로 분석도구를 돌리는 작업으로 가능한 것이 아니라 최소한 앞에서 언급되어진 통행관련 변수를 상황에 맞게 반영하고 현실을 정확히 묘사하기 위한 반복적인 정산과정을 수행하여야 하며 그러기 위해서는 분석가의 노력과 역량이 중요하다 판단됨

<표 11> 통행배정 주요 변수 조정 및 정산 전 결과

| 노선 | 승하차 통행량(통행) | | | | 차이(%) | |
|-------|-------------|---------|---------------|---------|-------|------|
| | 배정결과(A) | | 실제 승하차 집계량(B) | | (A/B) | |
| | 승차 | 하차 | 승차 | 하차 | 승차 | 하차 |
| 김해경전철 | 35,426 | 35,426 | 41,982 | - | -16% | - |
| 1호선 | 407,292 | 407,447 | 467,213 | 468,323 | -13% | -13% |
| 2호선 | 294,232 | 299,095 | 335,601 | 336,802 | -12% | -11% |
| 3호선 | 106,807 | 100,907 | 97,821 | 95,837 | 9% | 5% |
| 4호선 | 37,264 | 38,145 | 31,063 | 30,739 | 20% | 24% |
| 합계 | 881,021 | 881,021 | 973,681 | 931,701 | -10% | -9% |

<표 12> 통행배정 주요 변수 조정 및 정산 후 결과

| 노선 | 승하차 통행량(통행) | | | | 차이(%) | |
|-------|-------------|---------|---------------|---------|-------|-----|
| | 배정결과(A) | | 실제 승하차 집계량(B) | | (A/B) | |
| | 승차 | 하차 | 승차 | 하차 | 승차 | 하차 |
| 김해경전철 | 44,369 | 44,369 | 41,982 | - | 6% | - |
| 1호선 | 442,662 | 447,447 | 467,213 | 468,323 | -5% | -4% |
| 2호선 | 338,767 | 338,767 | 335,601 | 336,802 | 1% | 1% |
| 3호선 | 103,168 | 97,189 | 97,821 | 95,837 | 5% | 1% |
| 4호선 | 35,137 | 36,331 | 31,063 | 30,739 | 13% | 18% |
| 합계 | 964,103 | 964,103 | 973,681 | 931,701 | -1% | -1% |

마. 결론

- 본 연구에서는 경전철 수단 통행을 기존 주수단 선택 집합(승용차, 버스, 도시철도)에서 분리하여 수단선택모형을 재구축할 수 있는지에 대한 가능성을 검토하였음
- 2014년 기준 부산·울산광역시권 현행화 자료에 경전철역 더미변수 추가를 통해 경전철 수단선택모형의 구축 가능성을 검토한 결과, 경전철역 더미변수의 추가는 도시철도 뿐 아니라 승용차 통행의 효용을 증가시키는 불합리한 결과를 도출시켰음
- 또한, 본 연구에서는 광역권 내 통행자들이 실제 경전철(부산김해경전철)을 도시철도와 비교하여 선택 가능한 수단으로 고려할 수 있는 7개 쌍의 통행 기종점을 선정 후 SP 조사(대중교통 이용자 100명)를 수행하여 경전철 수단선택모형을 구축하였음

- 조사 결과를 이용한 조건부 로짓모형 구축 결과, 설문 대상자들의 수단 선택행태는 각 수단의 통행시간에 유의한 영향을 받는 것으로 나타났으며, “도시철도+경전철” 대안상수는 유의한 값을 가지지 못하는 것으로 분석되었음
- 이러한 결과는 경전철이 선택 가능한 대안이라 할지라도 경전철 노선은 기존 도시철도 노선과 환승이 용이하도록 건설되어 있어 이용자 입장에서는 차량(경전철, 중전철)의 차이 또는 운행방법(무인, 유인운전)의 차이보다는 통행시간의 차이가 수단선택 시 큰 영향을 주는 요인인 것으로 나타남
- 결국, 수요분석 시 경전철과 도시철도의 차량 및 운행방법에 따른 수단 구분 보다는 도시철도라는 선택 집합 내에서 노선별 통행시간을 보다 명확히 반영하여 분석을 수행하는 것이 필요함
- 이에 통행배정 측면에서의 경전철 수요분석 방안에 대한 사례 분석으로 비교적 경전철 운행이 안정화 단계에 접어들었다고 판단되는 부산·울산광역권의 부산도시철도 4호선과 부산·김해경전철을 대상으로 분석을 수행함
- 경전철 수요를 정확하게 분석하기 위해서는 접근시간, 대기시간, 탑승시간, 환승시간 등의 차외시간과 차내시간, 요금 등이 함께 고려된 일반화 비용을 보다 현실적으로 반영해야 하며 각 항목에 대하여 다양한 방법에서의 조정 작업이 필요함
- 경전철 수요분석은 단순히 주어진 기초자료를 이용하여 기계적으로 분석도구를 돌리는 작업으로 가능한 것이 아니기에 통행관련 변수를 분석특성에 맞게 반영하고 현실을 정확히 묘사하기 위한 반복적인 정산과정을 수행하여야 하며 그러기 위해서는 분석가의 노력과 역량이 중요함

4. 대도시권 첨두시간계수 산출 방안에 관한 연구

가. 연구의 개요

1) 연구 수행배경

- KTDB에서 배포중인 대도시권 기종점통행량(O/D) 자료의 시간단위는 전일 O/D임
- 대도시권의 경우 도심의 출퇴근 시간 혼잡 분석을 위해 첨두시간 O/D가 필요함
- 이에 본 연구에서는 KTDB의 전일 O/D를 첨두시간 O/D로 변환하기 위한 첨두시간계수의 산출 방안을 제시하고자 함
- 한국개발연구원의 「도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판), 2008.12.」에서는 수도권 지역의 1시간 통행량의 지속시간과 각 시간대별 집중률을 사례로 제시함
 - 2007년 수도권 가구통행실태조사 자료를 이용하여 첨두 4시간과 비첨두 16시간의 집중률을 산출함
 - 집중율은 오토바이/기타를 제외한 승용차, 택시, 버스, 지하철, 철도 수단통행량을 기준으로 첨두시간(07~09, 18~20), 비첨두시간(9~18, 20~04), 심야시간(4~7)로 구분하여 제시함

<표 13> 수도권 지역의 1시간 통행량의 지속시간과 각 시간대별 집중률(예)

| 구분 | 지속시간 | 집중률 |
|-------|------|-------|
| 첨두시간 | 4 | 8.78% |
| 비첨두시간 | 16 | 3.84% |
| 심야시간 | 4 | - |

자료 : 한국개발연구원, 「도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판), 2008.12.

- 한국개발연구원의 자료는 심야시간대의 편익을 제외하여 산출하기위한 자료이며, 본 연구에서는 첨두 시간 통행특성 분석을 위한 첨두시간계수 산출을 목적으로 함

2) 연구의 범위

- 공간적 범위 : 대도시권(수도권, 부산·울산권, 대구광역권, 광주광역권, 대전광역권)

| 구분 | 시군 | |
|--------------------|------------------|--|
| | 특별시/광역시 | 인접도시 |
| 수도권 (33개 시·군) | 서울특별시 인천광역시 | 수원시, 성남시, 의정부시, 안양시, 부천시, 광명시, 평택시, 동두천시, 안산시, 고양시, 과천시, 구리시, 남양주시, 오산시, 시흥시, 군포시, 의왕시, 하남시, 용인시, 파주시, 이천시, 안성시, 김포시, 화성시, 광주시, 양주시, 포천시, 여주시, 연천군, 가평군, 양평군(31) |
| 부산·울산권 (8개 시) | 부산광역시 울산광역시 | 양산시, 김해시, 창원시, 밀양시, 경주시, 포항시(6) |
| 대구광역권 (12개 시·군) | 대구광역시 | 포항시, 경주시, 구미시, 영천시, 경산군, 군위군, 청도군, 고령군, 성주군, 칠곡군, 창녕군(11) |
| 광주광역권 (7개 시·군) | 광주광역시 | 나주시, 화순군, 담양군, 장성군, 함평군, 곡성군(6) |
| 대전광역권 (10개 시·군) | 대전광역시 세종특별자치시 | 논산시, 공주시, 금산군, 영동군, 청주시, 옥천군, 보은군, 계룡시(8) |

- 시간적 범위 : 2014년
- 사용 자료 : 2015년 전국 여객 O/D 보완갱신 자료

나. 대도시권 시간대별 통행량 분석 및 첨두시간계수 산출

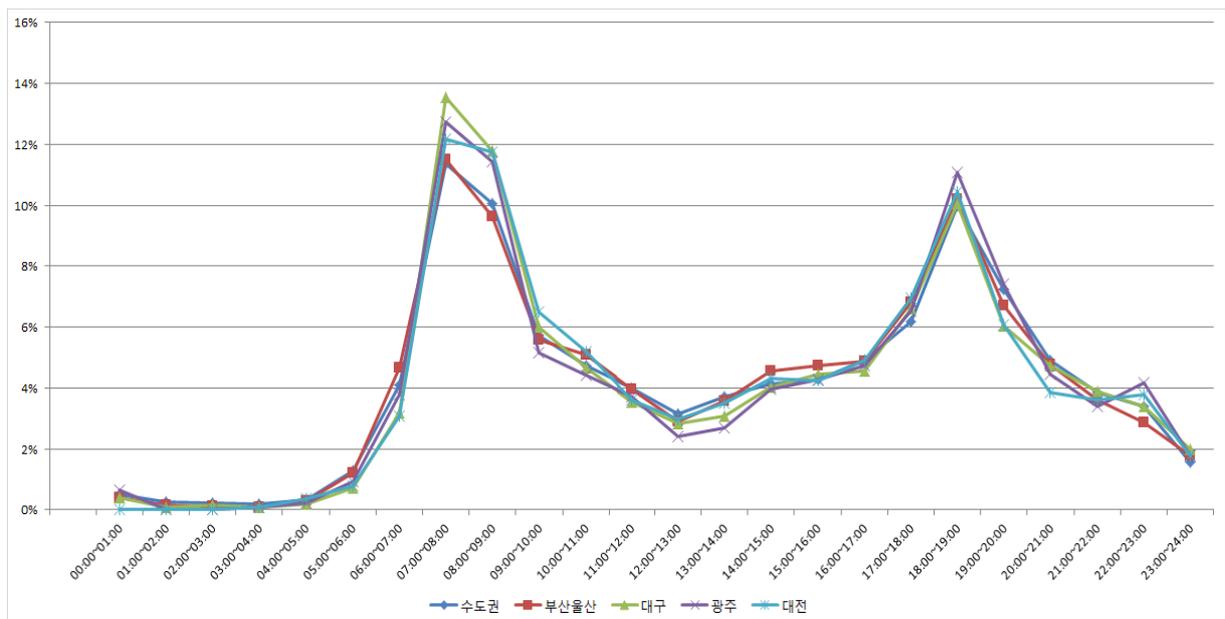
1) 대도시권 시간대별 통행량 분석

- 권역별 시간대별 총통행량은 모든 권역에서 오전 7시~오전8시 통행량이 가장 높게 나타남
- 부산·울산권을 제외한 모든 권역에서 오전 8시~오전9시 통행량이 두 번째로 높게 나타났으며, 부산·울산권은 오후 6시~오후7시 통행량이 두 번째로 높게 나타남

<표 14> 권역별 시간대별 총통행량

(단위 : 통행/시)

| 시간대 | 수도권 | 부산·울산권 | 대구광역시권 | 광주광역시권 | 대전광역시권 |
|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 00:00-01:00 | 228,514 | 51,436 | 29,875 | 21,432 | 332 |
| 01:00-02:00 | 119,953 | 18,683 | 5,454 | 386 | 534 |
| 02:00-03:00 | 99,052 | 14,968 | 12,081 | 692 | 517 |
| 03:00-04:00 | 81,021 | 8,802 | 6,219 | 2,749 | 4,138 |
| 04:00-05:00 | 152,874 | 38,545 | 14,102 | 7,073 | 18,337 |
| 05:00-06:00 | 589,457 | 158,332 | 55,011 | 30,564 | 38,854 |
| 06:00-07:00 | 1,913,526 | 607,077 | 242,566 | 124,795 | 155,605 |
| 07:00-08:00 | 5,287,208 | 1,493,589 | 1,029,284 | 418,625 | 612,106 |
| 08:00-09:00 | 4,680,678 | 1,249,061 | 896,800 | 376,552 | 590,924 |
| 09:00-10:00 | 2,666,221 | 722,153 | 457,056 | 169,883 | 327,668 |
| 10:00-11:00 | 2,195,301 | 658,579 | 354,273 | 145,077 | 261,130 |
| 11:00-12:00 | 1,864,796 | 515,318 | 270,071 | 122,195 | 182,330 |
| 12:00-13:00 | 1,464,940 | 374,583 | 215,117 | 79,073 | 149,642 |
| 13:00-14:00 | 1,721,718 | 461,330 | 233,459 | 87,978 | 175,899 |
| 14:00-15:00 | 1,928,082 | 590,496 | 306,510 | 130,186 | 217,735 |
| 15:00-16:00 | 1,981,851 | 616,062 | 339,163 | 140,564 | 213,296 |
| 16:00-17:00 | 2,284,997 | 631,676 | 346,796 | 155,514 | 246,452 |
| 17:00-18:00 | 2,869,619 | 882,489 | 501,113 | 215,068 | 349,874 |
| 18:00-19:00 | 4,647,787 | 1,321,733 | 763,400 | 364,156 | 525,172 |
| 19:00-20:00 | 3,364,435 | 872,510 | 458,049 | 244,110 | 306,350 |
| 20:00-21:00 | 2,291,689 | 619,202 | 360,587 | 146,962 | 194,577 |
| 21:00-22:00 | 1,798,943 | 467,776 | 294,558 | 112,028 | 180,924 |
| 22:00-23:00 | 1,575,296 | 373,454 | 259,072 | 137,023 | 189,918 |
| 23:00-24:00 | 722,361 | 231,023 | 150,649 | 58,745 | 89,265 |
| 합계 | 46,530,321 | 12,978,880 | 7,601,264 | 3,291,431 | 5,031,578 |



<그림 8> 권역별 시간대별 통행량 분포비

2) 대도시권 첨두시간계수 산출

- 모든 권역의 지속시간은 한국개발연구원의 「도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판), 2008.12.) 수도권 지역의 1시간 통행량의 지속시간에서 제시한 첨두시간 4시간, 비첨두시간 16시간, 심야시간 4시간으로 설정함
- 첨두시간 4시간
 - 오전첨두 2시간 : 오전 7시~9시
 - 오후첨두 2시간 : 오후 18시~20시(수도권, 광주광역시)
오후 17시~19시(부산울산권, 대구광역시, 대전광역시)
- 비첨두 16시간 : 첨두시간 4시간, 심야시간 4시간을 제외한 16시간
- 심야시간 4시간 : 오전 1시~5시

① 수도권

- 수도권 지역의 1시간 통행량 집중율은 첨두시간 9.66%, 비첨두시간 3.77%임

<표 15> 수도권 지역의 1시간 통행량의 지속시간과 각 시간대별 집중률

| 구분 | 지속시간 | 집중율 |
|-------|------|-------|
| 첨두시간 | 4 | 9.66% |
| 비첨두시간 | 16 | 3.77% |
| 심야시간 | 4 | - |

② 부산울산권

- 부산울산권 지역의 1시간 통행량 집중율은 첨두시간 9.53%, 비첨두시간 3.83%임

<표 16> 부산울산권 지역의 1시간 통행량의 지속시간과 각 시간대별 집중률

| 구분 | 지속시간 | 집중율 |
|-------|------|-------|
| 첨두시간 | 4 | 9.53% |
| 비첨두시간 | 16 | 3.83% |
| 심야시간 | 4 | - |

③ 대구광역시권

- 대구광역시권 지역의 1시간 통행량 집중율은 첨두시간 10.49%, 비첨두시간 3.60%임

<표 17> 대구광역시권 지역의 1시간 통행량의 지속시간과 각 시간대별 집중률

| 구분 | 지속시간 | 집중율 |
|-------|------|--------|
| 첨두시간 | 4 | 10.49% |
| 비첨두시간 | 16 | 3.60% |
| 심야시간 | 4 | - |

④ 광주광역시권

- 광주광역시권 지역의 1시간 통행량 집중율은 첨두시간 10.66%, 비첨두시간 3.56%임

<표 18> 광주광역시권 지역의 1시간 통행량의 지속시간과 각 시간대별 집중률

| 구분 | 지속시간 | 집중율 |
|-------|------|--------|
| 첨두시간 | 4 | 10.66% |
| 비첨두시간 | 16 | 3.56% |
| 심야시간 | 4 | - |

⑤ 대전광역시권

- 대전광역시권 지역의 1시간 통행량 집중율은 첨두시간 10.33%, 비첨두시간 3.64%임

<표 19> 대전광역시권 지역의 1시간 통행량의 지속시간과 각 시간대별 집중률

| 구분 | 지속시간 | 집중율 |
|-------|------|--------|
| 첨두시간 | 4 | 10.33% |
| 비첨두시간 | 16 | 3.64% |
| 심야시간 | 4 | - |

제1장 주말수요를 반영한 교통수요 분석 연구

제1절 연구의 개요

제2절 주말수요 반영 방법론

제3절 주말통행특성 분석 및

주말환산계수 산출

제1장 주말수요를 반영한 교통수요 분석 연구

제1절 연구의 개요

1. 연구의 수행배경

- KTDB에서 2011년 이전에 배포된 기존의 전국 지역간 O/D는 자료의 한계로 인해 주중과 주말¹⁾ 통행패턴이 혼재된 자료이며, 전일O/D (AADT)로 가정하여 사용되어 왔음
- 반면, 대도시권 O/D는 주중 기반의 자료를 이용하여 구축한 주중O/D(AAWDT)임
- 2011년 이후 배포된 신규 O/D의 경우, 주중 조사 수행과 전국 지역간 및 대도시권 O/D의 총통행량 일치 등 자료의 일관성 확보를 위해 주중 기반의 O/D를 구축함
 - 전일O/D는 주중과 주말의 통행패턴을 고려해서 구축해야 하지만, 주말 통행패턴은 계절적 변동이 크므로 4계절을 조사해야 하는 조사상의 어려움이 존재함
 - 또한 주말 통행패턴을 고려한 O/D 구축 방법론이 수립되어 있지 않기 때문에 전일O/D를 구축하는 것은 현실적으로 한계가 있음
- 국내 교통SOC 투자평가에서는 전일O/D기반으로 교통수요 분석 및 경제성 분석을 수행하고 있으나, 전반적으로 주중과 전일의 통행량이 크게 차이가 나지 않기 때문에 주중 O/D로 분석이 가능함
- 그러나 강원도 지역과 같이 사업영향권내 주중과 전일의 통행량이 크게 상이한 경우 주말 통행량을 추가 반영할 필요가 있음
 - 교통SOC 투자평가 중 주중과 전일의 통행량이 크게 상이한 경우 이를 고려하지 않는다면 편익 산출시 과소 또는 과대 추정하게 될 여지가 있음
- 따라서 본 연구에서는 주중과 전일의 통행량 차이를 분석하고, 통행량이 크게 상이한 경우 주말 통행을 고려하여 교통수요를 분석할 수 있는 방법론을 제시하고자 함

1) 주중과 주말의 정의

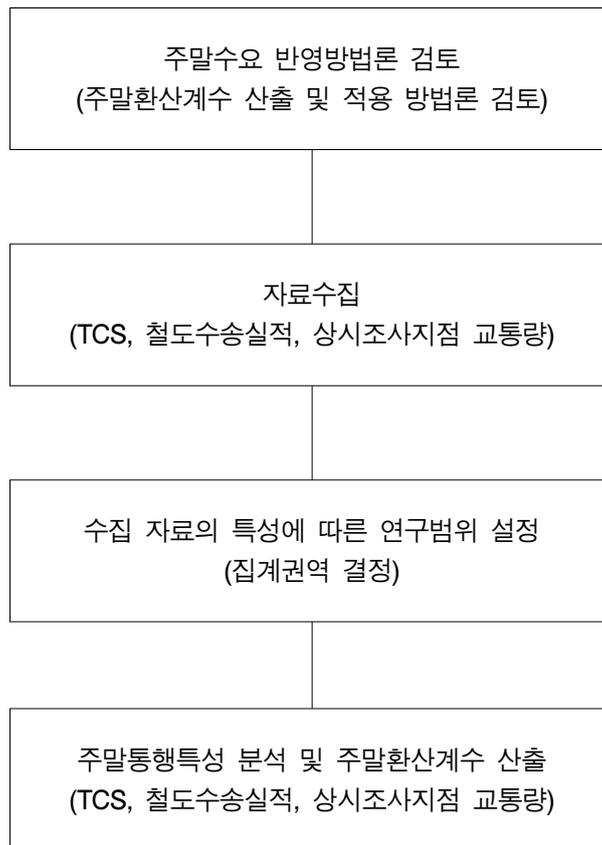
- 주중: 월요일-금요일(주중 중 공휴일 제외)
- 주말: 토요일-일요일(주중 중 공휴일 포함)

2. 연구의 범위

- 본 연구의 공간적 범위는 통행수단에 따라 전국 및 대도시권 지역을 대상으로 함
- 본 연구는 2013년, 2014년의 수단별 일별 통행 자료를 활용하여 수행됨
- 본 연구의 내용적 범위로는 1) 주말수요 반영을 위한 주말환산계수 산출방법, 2) 주말환산계수 적용방법 3) 주중/주말/전일 통행량 비교, 4) 주말환산계수 산출결과를 포함

3. 연구 수행과정

- 연구의 수행과정은 아래 그림과 같음



<그림 1- 1> 연구 수행과정

제2절 주말수요 반영 방법론

1. 주말환산계수

- 본 과업에서는 교통 SOC투자평가 중 교통수요분석 및 경제성 분석 시 주말수요를 반영할 수 있는 방법으로 주말환산계수를 이용하는 방안을 제시함
- KTDB에서 배포되는 O/D는 주중 기반자료이므로 주중 기준의 O/D 또는 통행배정량을 전일 기준으로 변환하기 위한 환산계수는 다음과 같이 정의됨

$$AADT/AAWDT \text{ 계수} = \frac{\text{연평균 일교통량}}{\text{주중 평균 일교통량}}$$

- 주말 기준으로 변환하기 위한 환산계수인 주말/주중 계수는 다음과 같이 정의됨

$$\text{주말/주중 계수} = \frac{\text{주말 평균 일교통량}}{\text{주중 평균 일교통량}}$$

2. 자료수집현황 및 분석전제

가. 일별통행자료 수집현황

- 주말통행특성 분석 및 환산계수 산정을 위해서 주말과 주중이 구분된 일별 통행자료가 요구됨
- 따라서 일별 통행자료가 제공되는 TCS(Toll Collect System), 철도수송실적, 상시조사지점 도로교통량 자료를 수집하였음

<표 1- 1> 수단별 일별 통행자료 수집현황

| 구분 | 자료수집주체 | 수집 단위 | 수집현황 | |
|------------|---------|----------|---------------|--------------|
| | | | 수단 | 기간 |
| TCS자료 | 한국도로공사 | 요금소간 교통량 | 승용차/버스/트럭/전차종 | 2013년, 2014년 |
| 철도 | 한국철도공사 | 역간 수송실적 | 고속철도/일반철도 | 2013년, 2014년 |
| 상시지점 도로교통량 | 건설기술연구원 | 지점별 교통량 | 승용차/버스/트럭/전차종 | 2013년, 2014년 |

나. 분석 전제

- 2013년, 2014년 일별 통행자료를 이용하여 주중/주말 통행량 및 연평균일통행량(AADT)을 지역별로 구분하여 분석하였고, 주말은 토요일, 일요일과 공휴일을 포함하여 분석함
- 수송실적 자료의 경우, 요금소 및 철도역이 통행의 기종점이 되므로 요금소와 철도역이 위치한 행정지역을 출발, 도착존으로 간주함
- 분석범위는 기본적으로 전국을 대상으로 하며, 세부적인 존단위로 통행을 집계할 수 있으나, 수송실적 자료의 기종점이 실제 통행의 기종점과는 다르므로 대도시권, 시도 단위로 집계하여 주말환산계수를 산출함
 - 권역구분은 2013년과 2014년의 여객O/D구축 존 체계를 따름
 - 일부지역은 통행자료가 없기 때문에 13개 시도 또는 12개 권역으로 통합함
- TCS자료의 경우 출발지-도착지로 폐쇄식-폐쇄식 요금소를 기준으로 함

<표 1- 2> 수단별 주말환산계수 산출 범위

| 자료 | 수단 | 산출 범위 | 비고 |
|-----------------|------|----------|--|
| TCS | 전차종 | - 13개 시도 | - O/D Pair 단위로 산출 |
| | 승용차 | | |
| | 버스 | | |
| | 트럭 | | |
| 상시조사지점 도로교통량 | 전차종 | - 12개 권역 | - 지점 단위로 산출 - 도로유형별 산출 (고속국도/일반국도) |
| | 승용차 | | |
| | 버스 | | |
| | 트럭 | | |
| 철도수송실적 | 고속철도 | - 13개 시도 | - O/D Pair 단위로 산출 |
| | 일반철도 | | |

3. 주말환산계수 산출방법론

- 주말환산계수는 먼저 수송실적 자료 또는 지점 교통량 자료를 집계하여 권역별 연간/주중/주말 평균 일통행량을 구한 뒤, 자료유형별 산출식에 따라 산출함
 - 연간/주중/주말 평균 일통행량은 1년 동안의 총 연간/주중/주말통행량을 각각의 수집일수²⁾로 나눔으로써 산출됨

가. O/D pair로 구성된 수송실적자료 이용 시 주말환산계수 산출식

1) AADT/AAWDT 계수

$$F_{g(i),g(j)} = \frac{T'_{g(i),g(j)}}{T_{g(i),g(j)}}$$

여기서, $F_{g(i),g(j)}$: g(i)에서 g(j)로 가는 O/D pair의 AADT/AAWDT 계수

$T'_{g(i),g(j)}$: g(i)에서 g(j)로 가는 O/D의 연평균 일통행량

$T_{g(i),g(j)}$: g(i)에서 g(j)로 가는 O/D의 주중 평균 일통행량

$g(i), g(j)$: O/D pair 그룹

2) 주말/주중 계수

$$F_{g(i),g(j)} = \frac{T'_{g(i),g(j)}}{T_{g(i),g(j)}}$$

여기서, $F_{g(i),g(j)}$: g(i)에서 g(j)로 가는 O/D pair의 주말/주중 계수

$T'_{g(i),g(j)}$: g(i)에서 g(j)로 가는 O/D의 주말 평균 일통행량

$T_{g(i),g(j)}$: g(i)에서 g(j)로 가는 O/D의 주중 평균 일통행량

$g(i), g(j)$: O/D pair 그룹

²⁾ 2014년의 경우, 주중 247일/주말 118일임. 단, 상시조사지점 교통량자료는 지점별로 주중/주말 일수가 다름

- * O/D pair간 주중 총수단 통행량이 100대 미만인 경우 주말환산계수는 1.00 가정
- TCS : 승용차+버스+트럭 <100 이면 승용차, 버스, 트럭 주말환산계수는 1.00 가정
 - 철도수송실적 : 고속철도+일반철도 <100 이면 고속철도, 일반철도 주말환산계수는 1.00 가정

나. 상시조사지점 도로교통량 자료 이용 시 주말환산계수 산출식

1) AADT/AAWDT 계수

$$F_{g(i)} = \frac{T'_{g(i)}}{T_{g(i)}}$$

여기서, $F_{g(i)}$: g(i)에서의 AADT/AAWDT 계수

$T'_{g(i)}$: g(i)에서의 연평균 일교통량

$T_{g(i)}$: g(i)에서의 주중 평균 일교통량

$g(i)$: 12개 권역

2) 주말/주중 계수

$$F_{g(i)} = \frac{T'_{g(i)}}{T_{g(i)}}$$

여기서, $F_{g(i)}$: g(i)에서의 주말/주중 계수

$T'_{g(i)}$: g(i)에서의 주말 평균 일교통량

$T_{g(i)}$: g(i)에서의 주중 평균 일교통량

$g(i)$: 12개 권역

4. 주말환산계수의 적용

가. 적용방법

- 교통SOC 투자평가 중 경제성 분석에서의 편익은 차량운행비용 절감 편익, 통행시간 절감 편익, 교통사고비용 절감 편익, 환경비용 절감 편익임
 - 여기서, 편익 항목별 주요 지표는 교통량, 통행속도, 통행시간임
- 즉, 주중과 전일의 통행량이 크게 상이하여 주말 통행을 추가 반영함으로써 편익에 영향을 미치는 요소는 교통량, 주행속도, 통행시간임
- 따라서 주말환산계수를 적용하여 주말 통행이 추가 반영된 교통량, 통행속도, 통행시간을 산출하는 방법은 크게 두 가지로 구분할 수 있음
 - 대안 1의 경우 도로부문 사업에만 해당되며, 경제성 분석 시(통행배정 후) AADT/AAWDT 계수를 적용하는 방법임
 - 대안 2의 경우 도로부문, 철도부문 사업에 해당되며, 교통수요 분석 시(통행배정 전) AADT/AAWDT 계수를 적용하는 방법임

1) 대안1 : 통행배정 후 AADT/AAWDT 계수 적용하는 방법

- 대안 1은 주중O/D를 활용하여 통행배정 후 각 링크별 통행배정량에 AADT/AAWDT계수를 적용하여 전일기준 통행배정량으로 환산하는 방법으로 도로부문 사업에만 해당됨
- 링크별 통행배정량을 전일기준으로 환산하기위해 상시조사지점 교통량 자료를 이용해 산출된 AADT/AAWDT계수를 적용함
- 편익 산정 시 링크별 통행시간 및 통행속도는 주중과 주말이 동일하다는 가정 하에 주중 O/D를 통행배정하여 산출된 값을 적용하거나, (VDF(BPR함수)를 이용해 변화한 통행배정량에 따른 링크별 통행시간 및 속도를 재산정 후 적용)
- 이 방법은 두 가지 대안 중 가장 계산이 용이하나, 주중과 주말의 통행패턴이 차이가 적은 경우에 적용가능하고 통행배정모형의 가정에 위반되는 단점이 있음

2) 대안2 : 통행배정 전 AADT/AAWDT 계수 적용하는 방법

- 대안2는 통행배정 전 주중O/D에 AADT/AAWDT 계수를 적용하여 전일기준 O/D로 환산하는 방법으로 도로부문 및 철도부문에서 적용 가능함
- 따라서 O/D pair별 전일기준 통행량으로 환산을 위해 TCS, 철도수송실적자료 등을 이용하여 산출된 AADT/AAWDT계수를 적용함
- 통행배정에 앞서 사업부문별 네트워크 정산과정 시 검토사항은 다음과 같음
 - 도로부문 사업의 경우 주중 O/D의 통행배정량과 주중 관측교통량을 비교³⁾
 - 철도부문 사업의 경우 주중 O/D에 AADT/AAWDT 계수 적용한 후, 전일기준 통행배정량(승하차인원)과 전일기준 관측통행량(승하차인원)을 비교
- 편익 산정 시 링크별 통행배정량, 통행시간 및 통행속도는 전일기준으로 환산된 O/D를 통행배정하여 산출된 값을 적용
- 이 방법은 주말통행량을 반영할 수 있으나, 주중과 주말의 통행패턴이 혼재된 상태로 분석하는 단점이 있음

나. 적용 시 참고사항

- 전반적으로 주중(AAWDT)과 전일(AADT)의 통행량 변화가 크지 않기 때문에 개별사업에서는 주중O/D로 분석이 가능하지만, 사업 영향권내 주중과 전일의 통행량이 크게 상이한 사업은 주말환산계수를 적용하는 것이 바람직함
- 우선적으로 사업노선 주변에 대해 주중과 전일의 통행량이 크게 상이하게 나타나는지 주말환산계수를 이용해 판단할 필요성이 있음
- 주말수요반영 필요 시 주말환산계수는 개별사업 특성에 맞게 대안별 장단점을 고려하여 적용
 - 예) 단거리 통행의 경우 도로교통량 상시지점의 AADT/AAWDT 계수 적용, 장거리 통행의 경우 TCS의 AADT/AAWDT 계수 적용
- 또한, 소규모 교통SOC 투자평가 사업의 경우 시군단위(TCS) 또는 개별지점 단위(도로교통량 상시지점)로 AADT/AAWDT 계수를 산출하여 적용하는 것을 권장함

³⁾ 주중 O/D통행배정량과 비교하는 이유는 전반적으로 도로의 관측교통량은 주중 기반 자료이고, 주말을 포함하여 조사된 관측교통량 조사지점은 지역별로 없거나 많지 않기 때문임

<표 1- 3> 주말환산계수 적용 방안

| 구분 | 방법론 |
|------|---|
| 대안 1 | - AADT/AAWDT 계수 : 상시조사지점 도로교통량 자료 이용하여 산출 · 권역별 도로위계별 적용 |
| | ① 링크 통행량 - 전일 통행량: 수단별 주중 O/D의 통행배정량에 AADT/AAWDT 계수 적용 - 지점별 또는 지역별, 도로위계별 (고속국도/기타도로) 적용 * 네트워크 정산 : 주중 O/D의 통행배정량과 주중 관측교통량 비교 |
| | ② 링크 통행속도 : 수단별 주중O/D를 통행배정하여 산출된 링크속도 이용 * 주중과 주말이 동일하다고 가정 |
| 대안 2 | ③ 링크 통행시간 : 수단별 주중O/D를 통행배정하여 산출된 통행시간 이용 * 주중과 주말이 동일하다고 가정 |
| | - AADT/AAWDT 계수 : 차종별 TCS 자료 및 철도수송실적 이용하여 산출 · O/D Pair (시도)별 적용 |
| | - 네트워크 정산 · 도로부문 : 주중O/D의 통행배정량과 주중 관측교통량 비교 · 철도부문 : 환산된 전일O/D의 전일 통행배정량과 관측교통량 비교 |
| 대안 2 | ① 링크 통행량 - 전일 통행량: 수단별 주중 O/D에 AADT/AAWDT 계수 적용한 후, 통행배정하여 산출 |
| | ② 링크 통행속도 : 수단별 주중 O/D에 AADT/AAWDT 계수를 적용한 후, 통행배정하여 산출 * 주중과 주말의 통행량 차이 고려 |
| | ③ 링크 통행시간 : 수단별 주중 O/D에 AADT/AAWDT 계수를 적용한 후, 통행배정하여 산출 * 주중과 주말의 통행량 차이 고려 |

<표 1- 4> 대안별 장·단점 비교

| 구분 | 특징 | |
|-----|--|---|
| | 장점 | 단점 |
| 대안1 | - 분석과정 가장 간편함 | - 주말 통행에 대한 통행시간 및 속도 미고려 · 주말 통행시간 및 속도 산출을 위한 가정 필요 - 전국적으로 상시조사 지점이 많지 않음 · 상시조사지점자료로 산출된 주말환산계수를 개별사업 대상지 적용 시 오차 발생 가능성 |
| 대안2 | - 주말 통행에 대한 통행량, 통행시간, 통행속도 고려가능 (전일기준으로 주중과 주말속성 혼재) - 장거리 통행 (고속국도 이용)의 경우 비교적 설명력이 높음 | - 도로부문 사업의 경우, TCS자료를 이용해 산출된 AADT/AAWDT 계수를 적용하기 때문에 고속국도를 제외한 기타도로는 주말 통행패턴을 반영하기 어려움 |

제3절 주말통행특성 분석 및 주말환산계수 산출

1. 주말통행특성 분석

- 2013년 고속국도이용 주말통행특성 분석결과, 전차종의 경우 AADT/AAWDT계수와 주말/주중 계수가 각각 1.01, 1.03으로 산출되어 주중/주말/전일의 통행량 차이는 적은 것으로 나타남
- 수단별로 승용차와 소형트럭은 주중평균일교통량(이 주말에 비해 다소 높게 나타났으며, 버스, 중형 및 대형트럭은 주중평균일교통량이 주말보다 훨씬 높게 나타나 주중과 주말교통량의 큰 차이를 보임
- 2014년의 고속국도이용 주말통행특성 역시 2013년 결과와 유사하게 나타남
 - 전차종 통행량 고려 시 주말과 주중의 차이가 거의 없으나, 수단별로는 통행량 차이를 보임
- 고속철도의 경우, 2013년과 2014년 모두 주말평균수송인원이 주중보다 높게 나타났음
 - 2013년은 주중 대비 주말평균수송인원이 1.27배 높게, 2014년은 1.22배 높게 나타남
- 일반철도 역시 2013년과 2014년 모두 주말평균수송인원이 주중보다 높게 나타났음
 - 2013년은 주중 대비 주말평균수송인원이 1.33배 높게, 2014년은 1.31배 높게 나타남

<표 1- 5> 수단별 연간/주중/주말 총 통행량 비교

(단위: 대/일, 인/일)

| 구 분 | 2013년 | | | | | 2014년 | | | | |
|---------------|---------------|-----------|-----------|----------------|-----------|---------------|-----------|-----------|----------------|-----------|
| | 통행량 | | | 계수 | | 통행량 | | | 계수 | |
| | 주중 (AAWDT) | 주말 | AADT | AADT/ AAWDT | 주말/ 주중 | 주중 (AAWDT) | 주말 | AADT | AADT/ AAWDT | 주말/ 주중 |
| 전차종 (TCS) | 2,650,461 | 2,721,881 | 2,673,159 | 1.01 | 1.03 | 2,967,773 | 2,989,940 | 2,974,902 | 1.00 | 1.01 |
| 승용차 (TCS) | 1,922,210 | 2,200,123 | 2,010,533 | 1.05 | 1.14 | 2,151,429 | 2,420,656 | 2,238,420 | 1.04 | 1.13 |
| 버스 (TCS) | 70,466 | 36,252 | 59,592 | 0.85 | 0.51 | 75,601 | 37,086 | 63,150 | 0.84 | 0.49 |
| 화물트럭 (TCS) | 657,785 | 485,507 | 603,034 | 0.92 | 0.74 | 740,743 | 532,198 | 673,332 | 0.91 | 0.72 |
| 고속철도 | 138,030 | 175,644 | 149,984 | 1.09 | 1.27 | 146,576 | 178,759 | 156,978 | 1.07 | 1.22 |
| 일반철도 | 205,501 | 273,253 | 227,033 | 1.10 | 1.33 | 208,849 | 273,055 | 229,610 | 1.10 | 1.31 |

2. 주말환산계수 산출결과

가. 도로부문 : TCS교통량

1) 전차종

<표 1- 6> 2013년 TCS 전차종 AADT/AAWDT 계수

| 구분 | 수도권 | 부산 | 대구 | 광주 | 대전 | 울산 | 강원 | 충북 | 충남 | 전북 | 전남 | 경북 | 경남 | 계 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 0.94 | 1.00 | 1.05 | 1.00 | 1.04 | 0.99 | 1.14 | 1.02 | 1.02 | 1.12 | 1.10 | 1.07 | 1.07 | 0.97 |
| 부산 | 1.00 | 0.99 | 1.10 | 1.02 | 1.07 | 1.06 | 1.00 | 1.00 | 0.94 | 1.02 | 1.05 | 1.19 | 1.00 | 1.01 |
| 대구 | 1.07 | 1.06 | 0.93 | 1.01 | 1.12 | 1.11 | 1.19 | 1.13 | 1.03 | 1.10 | 1.11 | 1.01 | 1.12 | 1.00 |
| 광주 | 1.00 | 1.03 | 1.00 | 0.98 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.11 | 1.06 | 1.04 | 1.15 | 1.06 |
| 대전 | 1.05 | 0.97 | 1.10 | 1.00 | 0.93 | 1.04 | 1.05 | 0.96 | 1.01 | 1.12 | 1.09 | 1.11 | 1.13 | 1.00 |
| 울산 | 0.99 | 1.07 | 1.12 | 1.00 | 1.03 | 1.00 | 1.00 | 1.02 | 0.93 | 0.97 | 1.00 | 1.08 | 1.02 | 1.04 |
| 강원 | 1.20 | 1.00 | 1.22 | 1.00 | 1.07 | 1.00 | 1.10 | 1.04 | 1.04 | 1.06 | 1.06 | 1.25 | 1.19 | 1.13 |
| 충북 | 1.04 | 0.95 | 1.12 | 1.00 | 0.98 | 1.03 | 1.06 | 0.95 | 0.98 | 1.05 | 1.03 | 1.12 | 1.07 | 1.01 |
| 충남 | 1.05 | 0.90 | 1.01 | 1.00 | 1.02 | 0.94 | 1.03 | 0.98 | 1.05 | 1.12 | 1.09 | 0.97 | 1.03 | 1.04 |
| 전북 | 1.18 | 0.99 | 1.08 | 1.12 | 1.14 | 1.01 | 1.04 | 1.06 | 1.18 | 1.05 | 1.07 | 1.04 | 1.18 | 1.10 |
| 전남 | 1.15 | 1.04 | 1.09 | 1.07 | 1.12 | 1.00 | 1.06 | 1.05 | 1.18 | 1.07 | 1.07 | 1.01 | 1.17 | 1.08 |
| 경북 | 1.10 | 1.19 | 1.02 | 1.00 | 1.13 | 1.09 | 1.27 | 1.13 | 0.99 | 1.03 | 1.01 | 1.05 | 1.12 | 1.06 |
| 경남 | 1.09 | 1.00 | 1.11 | 1.11 | 1.19 | 1.02 | 1.16 | 1.10 | 1.07 | 1.16 | 1.13 | 1.11 | 0.99 | 1.01 |
| 계 | 0.97 | 1.01 | 1.00 | 1.07 | 1.00 | 1.04 | 1.11 | 1.00 | 1.04 | 1.08 | 1.08 | 1.04 | 1.01 | 1.01 |

<표 1- 7> 2013년 TCS 전차종 주말/주중 계수

| 구분 | 수도권 | 부산 | 대구 | 광주 | 대전 | 울산 | 강원 | 충북 | 충남 | 전북 | 전남 | 경북 | 경남 | 계 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 0.82 | 1.02 | 1.15 | 1.00 | 1.11 | 0.96 | 1.43 | 1.06 | 1.07 | 1.36 | 1.32 | 1.21 | 1.21 | 0.89 |
| 부산 | 1.01 | 0.96 | 1.31 | 1.06 | 1.23 | 1.19 | 1.00 | 0.99 | 0.81 | 1.08 | 1.16 | 1.59 | 1.00 | 1.04 |
| 대구 | 1.21 | 1.20 | 0.77 | 1.03 | 1.38 | 1.34 | 1.61 | 1.41 | 1.09 | 1.30 | 1.35 | 1.02 | 1.39 | 0.99 |
| 광주 | 1.00 | 1.08 | 1.00 | 0.94 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.33 | 1.20 | 1.13 | 1.47 | 1.20 |
| 대전 | 1.15 | 0.91 | 1.30 | 1.00 | 0.78 | 1.12 | 1.17 | 0.88 | 1.04 | 1.38 | 1.28 | 1.34 | 1.41 | 0.99 |
| 울산 | 0.97 | 1.23 | 1.37 | 1.00 | 1.10 | 0.99 | 1.00 | 1.07 | 0.78 | 0.90 | 1.00 | 1.24 | 1.05 | 1.12 |
| 강원 | 1.64 | 1.00 | 1.69 | 1.00 | 1.23 | 1.00 | 1.31 | 1.13 | 1.12 | 1.17 | 1.19 | 1.78 | 1.59 | 1.41 |
| 충북 | 1.14 | 0.85 | 1.38 | 1.00 | 0.93 | 1.09 | 1.18 | 0.84 | 0.95 | 1.16 | 1.10 | 1.36 | 1.23 | 1.04 |
| 충남 | 1.15 | 0.68 | 1.03 | 1.00 | 1.06 | 0.81 | 1.10 | 0.93 | 1.17 | 1.37 | 1.29 | 0.91 | 1.09 | 1.14 |
| 전북 | 1.57 | 0.96 | 1.24 | 1.39 | 1.45 | 1.03 | 1.14 | 1.20 | 1.57 | 1.15 | 1.23 | 1.12 | 1.55 | 1.32 |
| 전남 | 1.48 | 1.11 | 1.27 | 1.21 | 1.39 | 1.00 | 1.18 | 1.15 | 1.56 | 1.21 | 1.22 | 1.02 | 1.52 | 1.26 |
| 경북 | 1.31 | 1.59 | 1.06 | 1.01 | 1.40 | 1.27 | 1.86 | 1.42 | 0.97 | 1.08 | 1.03 | 1.16 | 1.36 | 1.17 |
| 경남 | 1.28 | 0.99 | 1.34 | 1.34 | 1.60 | 1.06 | 1.52 | 1.31 | 1.21 | 1.49 | 1.40 | 1.35 | 0.97 | 1.04 |
| 계 | 0.91 | 1.03 | 1.00 | 1.21 | 1.01 | 1.11 | 1.35 | 1.01 | 1.12 | 1.26 | 1.24 | 1.14 | 1.04 | 1.03 |

- 2013년 전국기준 TCS 전차종의 AADT/AAWDT 계수는 1.01로 나타났으며, 지역별로는 강원 지역이 다른 지역보다 전일/주중의 교통량 차이가 크게 나타남
- 2014년의 경우, 전국기준 TCS 전차종의 AADT/AAWDT 계수는 1.00로 나타났으며, 지역별로는 2013년과 마찬가지로 강원지역이 타 지역보다 전일/주중의 교통량 차이가 크게 나타남
- 2013, 2014년 모두 경북→강원의 경우 가장 높게, 충남→부산의 경우 가장 낮게 나타남

<표 1- 8> 2014년 TCS 전차종 AADT/AAWDT 계수

| 구분 | 수도권 | 부산 | 대구 | 광주 | 대전 | 울산 | 강원 | 충북 | 충남 | 전북 | 전남 | 경북 | 경남 | 계 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 0.93 | 1.01 | 1.05 | 1.00 | 1.04 | 0.99 | 1.14 | 1.01 | 1.02 | 1.12 | 1.11 | 1.07 | 1.07 | 0.96 |
| 부산 | 0.99 | 1.00 | 1.10 | 1.03 | 1.08 | 1.05 | 1.00 | 0.99 | 0.94 | 1.05 | 1.05 | 1.19 | 1.00 | 1.01 |
| 대구 | 1.07 | 1.08 | 0.92 | 1.01 | 1.12 | 1.10 | 1.20 | 1.13 | 1.03 | 1.12 | 1.12 | 1.00 | 1.12 | 0.99 |
| 광주 | 1.00 | 1.04 | 1.00 | 0.96 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.11 | 1.06 | 1.06 | 1.16 | 1.06 |
| 대전 | 1.04 | 0.99 | 1.09 | 1.00 | 0.92 | 1.03 | 1.05 | 0.96 | 1.01 | 1.12 | 1.09 | 1.10 | 1.12 | 0.99 |
| 울산 | 0.98 | 1.06 | 1.12 | 1.00 | 1.03 | 0.98 | 1.18 | 1.01 | 0.93 | 0.98 | 1.00 | 1.07 | 1.01 | 1.03 |
| 강원 | 1.20 | 1.00 | 1.22 | 1.00 | 1.08 | 1.19 | 1.09 | 1.04 | 1.04 | 1.06 | 1.08 | 1.26 | 1.20 | 1.13 |
| 충북 | 1.04 | 0.96 | 1.12 | 1.00 | 0.97 | 1.01 | 1.05 | 0.95 | 0.98 | 1.06 | 1.03 | 1.11 | 1.07 | 1.01 |
| 충남 | 1.03 | 0.91 | 1.00 | 1.00 | 1.01 | 0.92 | 1.02 | 0.97 | 1.05 | 1.13 | 1.10 | 0.97 | 1.02 | 1.03 |
| 전북 | 1.18 | 1.02 | 1.09 | 1.12 | 1.14 | 1.02 | 1.04 | 1.07 | 1.20 | 1.05 | 1.07 | 1.05 | 1.21 | 1.11 |
| 전남 | 1.16 | 1.04 | 1.08 | 1.06 | 1.13 | 1.00 | 1.06 | 1.04 | 1.20 | 1.08 | 1.07 | 1.00 | 1.16 | 1.08 |
| 경북 | 1.11 | 1.20 | 1.01 | 1.01 | 1.12 | 1.08 | 1.28 | 1.13 | 0.99 | 1.04 | 0.99 | 1.05 | 1.11 | 1.05 |
| 경남 | 1.10 | 0.99 | 1.10 | 1.12 | 1.19 | 1.01 | 1.18 | 1.10 | 1.08 | 1.19 | 1.13 | 1.11 | 0.98 | 1.01 |
| 계 | 0.96 | 1.01 | 0.99 | 1.06 | 1.00 | 1.03 | 1.11 | 1.00 | 1.04 | 1.09 | 1.07 | 1.04 | 1.01 | 1.00 |

<표 1- 9> 2014년 TCS 전차종 주말/주중 계수

| 구분 | 수도권 | 부산 | 대구 | 광주 | 대전 | 울산 | 강원 | 충북 | 충남 | 전북 | 전남 | 경북 | 경남 | 계 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 0.80 | 1.02 | 1.16 | 1.00 | 1.11 | 0.97 | 1.43 | 1.04 | 1.05 | 1.38 | 1.34 | 1.23 | 1.21 | 0.87 |
| 부산 | 0.97 | 0.99 | 1.31 | 1.08 | 1.25 | 1.16 | 1.00 | 0.98 | 0.81 | 1.14 | 1.15 | 1.60 | 0.99 | 1.04 |
| 대구 | 1.23 | 1.26 | 0.75 | 1.03 | 1.37 | 1.32 | 1.61 | 1.40 | 1.10 | 1.38 | 1.36 | 0.99 | 1.37 | 0.97 |
| 광주 | 1.00 | 1.13 | 1.00 | 0.89 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.34 | 1.18 | 1.18 | 1.48 | 1.18 |
| 대전 | 1.14 | 0.96 | 1.27 | 1.00 | 0.76 | 1.10 | 1.15 | 0.87 | 1.02 | 1.37 | 1.28 | 1.32 | 1.38 | 0.97 |
| 울산 | 0.93 | 1.20 | 1.36 | 1.00 | 1.10 | 0.95 | 1.56 | 1.05 | 0.77 | 0.94 | 1.00 | 1.22 | 1.03 | 1.10 |
| 강원 | 1.63 | 1.00 | 1.68 | 1.00 | 1.24 | 1.60 | 1.29 | 1.11 | 1.12 | 1.19 | 1.24 | 1.81 | 1.60 | 1.40 |
| 충북 | 1.12 | 0.87 | 1.36 | 1.00 | 0.91 | 1.04 | 1.16 | 0.86 | 0.94 | 1.18 | 1.10 | 1.33 | 1.21 | 1.03 |
| 충남 | 1.10 | 0.71 | 1.00 | 1.00 | 1.02 | 0.76 | 1.06 | 0.91 | 1.14 | 1.40 | 1.31 | 0.89 | 1.06 | 1.11 |
| 전북 | 1.57 | 1.05 | 1.28 | 1.38 | 1.44 | 1.07 | 1.13 | 1.23 | 1.63 | 1.16 | 1.23 | 1.15 | 1.65 | 1.34 |
| 전남 | 1.50 | 1.13 | 1.26 | 1.18 | 1.40 | 1.00 | 1.18 | 1.13 | 1.61 | 1.24 | 1.21 | 1.00 | 1.49 | 1.26 |
| 경북 | 1.34 | 1.61 | 1.03 | 1.03 | 1.38 | 1.23 | 1.88 | 1.41 | 0.98 | 1.12 | 0.98 | 1.14 | 1.33 | 1.15 |
| 경남 | 1.31 | 0.97 | 1.32 | 1.37 | 1.60 | 1.03 | 1.57 | 1.31 | 1.25 | 1.59 | 1.39 | 1.33 | 0.94 | 1.02 |
| 계 | 0.89 | 1.03 | 0.98 | 1.18 | 0.99 | 1.09 | 1.34 | 1.00 | 1.11 | 1.28 | 1.23 | 1.12 | 1.02 | 1.01 |

2) 승용차

- 2013년 전국 기준으로 TCS 승용차의 AADT/AAWDT 계수는 1.05로 나타났으며, 지역별로는 강원지역과 전북지역이 타 지역보다 전일/주중의 교통량 차이가 크게 나타남
- 부산→충북의 경우 1.37로 가장 높게 나타났으며, 대전→대전의 경우 0.94으로 가장 낮게 나타남

<표 1- 10> 2013년 TCS 승용차 AADT/AAWDT 계수

| 구분 | 수도권 | 부산 | 대구 | 광주 | 대전 | 울산 | 강원 | 충북 | 충남 | 전북 | 전남 | 경북 | 경남 | 계 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 0.97 | 1.06 | 1.11 | 1.00 | 1.07 | 1.04 | 1.18 | 1.08 | 1.07 | 1.18 | 1.17 | 1.15 | 1.14 | 0.99 |
| 부산 | 1.07 | 1.03 | 1.22 | 1.17 | 1.31 | 1.09 | 1.00 | 1.37 | 1.21 | 1.23 | 1.22 | 1.31 | 1.02 | 1.05 |
| 대구 | 1.12 | 1.18 | 0.94 | 1.05 | 1.17 | 1.19 | 1.25 | 1.23 | 1.12 | 1.17 | 1.21 | 1.03 | 1.18 | 1.02 |
| 광주 | 1.00 | 1.16 | 1.05 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.14 | 1.09 | 1.14 | 1.26 | 1.10 |
| 대전 | 1.08 | 1.19 | 1.15 | 1.00 | 0.94 | 1.19 | 1.09 | 0.98 | 1.04 | 1.16 | 1.15 | 1.19 | 1.24 | 1.02 |
| 울산 | 1.05 | 1.10 | 1.22 | 1.00 | 1.20 | 1.03 | 1.00 | 1.29 | 1.13 | 1.18 | 1.00 | 1.21 | 1.11 | 1.10 |
| 강원 | 1.26 | 1.00 | 1.30 | 1.00 | 1.11 | 1.00 | 1.13 | 1.09 | 1.08 | 1.13 | 1.14 | 1.33 | 1.28 | 1.17 |
| 충북 | 1.11 | 1.26 | 1.24 | 1.00 | 0.99 | 1.29 | 1.10 | 0.98 | 1.05 | 1.17 | 1.17 | 1.26 | 1.27 | 1.07 |
| 충남 | 1.10 | 1.11 | 1.10 | 1.00 | 1.04 | 1.10 | 1.07 | 1.04 | 1.10 | 1.22 | 1.22 | 1.12 | 1.17 | 1.10 |
| 전북 | 1.28 | 1.21 | 1.15 | 1.16 | 1.19 | 1.23 | 1.13 | 1.19 | 1.31 | 1.09 | 1.15 | 1.20 | 1.32 | 1.17 |
| 전남 | 1.27 | 1.22 | 1.22 | 1.09 | 1.19 | 1.00 | 1.13 | 1.19 | 1.35 | 1.15 | 1.11 | 1.16 | 1.28 | 1.14 |
| 경북 | 1.21 | 1.32 | 1.04 | 1.11 | 1.21 | 1.23 | 1.36 | 1.29 | 1.16 | 1.17 | 1.13 | 1.11 | 1.27 | 1.11 |
| 경남 | 1.21 | 1.02 | 1.17 | 1.22 | 1.31 | 1.10 | 1.26 | 1.31 | 1.25 | 1.28 | 1.25 | 1.24 | 1.02 | 1.05 |
| 계 | 1.00 | 1.05 | 1.02 | 1.10 | 1.02 | 1.09 | 1.15 | 1.05 | 1.09 | 1.15 | 1.13 | 1.10 | 1.05 | 1.05 |

<표 1- 11> 2013년 TCS 승용차 주말/주중 계수

| 구분 | 수도권 | 부산 | 대구 | 광주 | 대전 | 울산 | 강원 | 충북 | 충남 | 전북 | 전남 | 경북 | 경남 | 계 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 0.89 | 1.18 | 1.33 | 1.00 | 1.22 | 1.12 | 1.55 | 1.24 | 1.21 | 1.57 | 1.55 | 1.47 | 1.45 | 0.98 |
| 부산 | 1.23 | 1.09 | 1.68 | 1.55 | 1.98 | 1.28 | 1.00 | 2.17 | 1.65 | 1.73 | 1.70 | 1.97 | 1.07 | 1.16 |
| 대구 | 1.39 | 1.55 | 0.80 | 1.17 | 1.55 | 1.61 | 1.79 | 1.73 | 1.37 | 1.52 | 1.67 | 1.09 | 1.56 | 1.06 |
| 광주 | 1.00 | 1.52 | 1.17 | 0.99 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.45 | 1.30 | 1.44 | 1.80 | 1.31 |
| 대전 | 1.26 | 1.61 | 1.48 | 1.00 | 0.80 | 1.61 | 1.28 | 0.93 | 1.12 | 1.50 | 1.47 | 1.60 | 1.75 | 1.05 |
| 울산 | 1.17 | 1.33 | 1.69 | 1.00 | 1.62 | 1.09 | 1.00 | 1.92 | 1.40 | 1.57 | 1.00 | 1.67 | 1.34 | 1.32 |
| 강원 | 1.82 | 1.00 | 1.93 | 1.00 | 1.36 | 1.00 | 1.42 | 1.27 | 1.27 | 1.41 | 1.45 | 2.03 | 1.89 | 1.55 |
| 충북 | 1.36 | 1.81 | 1.74 | 1.00 | 0.98 | 1.92 | 1.31 | 0.94 | 1.15 | 1.53 | 1.54 | 1.80 | 1.86 | 1.21 |
| 충남 | 1.32 | 1.34 | 1.33 | 1.00 | 1.13 | 1.30 | 1.22 | 1.12 | 1.31 | 1.70 | 1.68 | 1.39 | 1.52 | 1.31 |
| 전북 | 1.87 | 1.67 | 1.48 | 1.50 | 1.59 | 1.73 | 1.42 | 1.58 | 1.96 | 1.27 | 1.47 | 1.63 | 2.01 | 1.54 |
| 전남 | 1.84 | 1.71 | 1.70 | 1.29 | 1.61 | 1.00 | 1.42 | 1.59 | 2.11 | 1.46 | 1.36 | 1.49 | 1.89 | 1.45 |
| 경북 | 1.67 | 2.01 | 1.13 | 1.34 | 1.67 | 1.71 | 2.13 | 1.92 | 1.49 | 1.53 | 1.42 | 1.36 | 1.85 | 1.35 |
| 경남 | 1.67 | 1.06 | 1.52 | 1.68 | 1.98 | 1.31 | 1.81 | 1.99 | 1.80 | 1.88 | 1.78 | 1.77 | 1.07 | 1.16 |
| 계 | 1.01 | 1.15 | 1.08 | 1.31 | 1.07 | 1.30 | 1.47 | 1.16 | 1.29 | 1.46 | 1.41 | 1.31 | 1.17 | 1.14 |

- 2014년 전국 기준으로 TCS 승용차의 AADT/AAWDT 계수는 1.04로 나타났으며, 지역별로는 강원지역과 전북지역이 타 지역보다 전일/주중의 교통량 차이가 크게 나타남
- 부산→충북의 경우 1.40로 가장 높게 나타났으며, 대전→대전의 경우 0.93으로 가장 낮게 나타남

<표 1- 12> 2014년 TCS 승용차 AADT/AAWDT 계수

| 구분 | 수도권 | 부산 | 대구 | 광주 | 대전 | 울산 | 강원 | 충북 | 충남 | 전북 | 전남 | 경북 | 경남 | 계 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 0.96 | 1.14 | 1.11 | 1.00 | 1.07 | 1.08 | 1.18 | 1.08 | 1.07 | 1.19 | 1.18 | 1.16 | 1.15 | 0.99 |
| 부산 | 1.24 | 1.03 | 1.22 | 1.18 | 1.34 | 1.08 | 1.00 | 1.40 | 1.24 | 1.27 | 1.24 | 1.32 | 1.02 | 1.05 |
| 대구 | 1.13 | 1.19 | 0.93 | 1.06 | 1.18 | 1.19 | 1.25 | 1.23 | 1.12 | 1.20 | 1.24 | 1.02 | 1.18 | 1.01 |
| 광주 | 1.00 | 1.18 | 1.05 | 0.97 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.15 | 1.09 | 1.16 | 1.26 | 1.09 |
| 대전 | 1.08 | 1.20 | 1.15 | 1.00 | 0.93 | 1.19 | 1.09 | 0.97 | 1.03 | 1.16 | 1.15 | 1.18 | 1.23 | 1.01 |
| 울산 | 1.11 | 1.09 | 1.22 | 1.00 | 1.21 | 1.02 | 1.31 | 1.30 | 1.14 | 1.22 | 1.00 | 1.21 | 1.11 | 1.10 |
| 강원 | 1.26 | 1.00 | 1.29 | 1.00 | 1.12 | 1.32 | 1.13 | 1.08 | 1.09 | 1.14 | 1.16 | 1.34 | 1.29 | 1.17 |
| 충북 | 1.11 | 1.28 | 1.23 | 1.00 | 0.99 | 1.29 | 1.10 | 0.99 | 1.06 | 1.19 | 1.19 | 1.25 | 1.28 | 1.07 |
| 충남 | 1.09 | 1.13 | 1.10 | 1.00 | 1.03 | 1.10 | 1.07 | 1.03 | 1.09 | 1.24 | 1.23 | 1.12 | 1.16 | 1.09 |
| 전북 | 1.28 | 1.25 | 1.17 | 1.16 | 1.19 | 1.26 | 1.14 | 1.20 | 1.33 | 1.09 | 1.15 | 1.22 | 1.37 | 1.18 |
| 전남 | 1.28 | 1.23 | 1.23 | 1.08 | 1.20 | 1.00 | 1.13 | 1.19 | 1.38 | 1.16 | 1.11 | 1.16 | 1.28 | 1.14 |
| 경북 | 1.23 | 1.33 | 1.03 | 1.11 | 1.21 | 1.22 | 1.37 | 1.30 | 1.17 | 1.19 | 1.13 | 1.11 | 1.27 | 1.11 |
| 경남 | 1.23 | 1.01 | 1.16 | 1.23 | 1.32 | 1.09 | 1.28 | 1.33 | 1.29 | 1.33 | 1.26 | 1.24 | 1.01 | 1.05 |
| 계 | 0.99 | 1.05 | 1.02 | 1.09 | 1.02 | 1.09 | 1.15 | 1.05 | 1.09 | 1.16 | 1.13 | 1.09 | 1.05 | 1.04 |

<표 1- 13> 2014년 TCS 승용차 주말/주중 계수

| 구분 | 수도권 | 부산 | 대구 | 광주 | 대전 | 울산 | 강원 | 충북 | 충남 | 전북 | 전남 | 경북 | 경남 | 계 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 0.87 | 1.43 | 1.34 | 1.00 | 1.22 | 1.24 | 1.56 | 1.24 | 1.20 | 1.59 | 1.57 | 1.48 | 1.46 | 0.96 |
| 부산 | 1.75 | 1.10 | 1.67 | 1.57 | 2.04 | 1.26 | 1.00 | 2.22 | 1.75 | 1.83 | 1.73 | 1.99 | 1.06 | 1.16 |
| 대구 | 1.40 | 1.60 | 0.78 | 1.18 | 1.56 | 1.60 | 1.78 | 1.71 | 1.38 | 1.62 | 1.75 | 1.07 | 1.55 | 1.04 |
| 광주 | 1.00 | 1.55 | 1.15 | 0.91 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.46 | 1.27 | 1.49 | 1.81 | 1.29 |
| 대전 | 1.25 | 1.62 | 1.46 | 1.00 | 0.77 | 1.58 | 1.27 | 0.92 | 1.09 | 1.48 | 1.47 | 1.57 | 1.72 | 1.03 |
| 울산 | 1.34 | 1.29 | 1.68 | 1.00 | 1.64 | 1.05 | 1.97 | 1.93 | 1.44 | 1.68 | 1.00 | 1.66 | 1.33 | 1.31 |
| 강원 | 1.80 | 1.00 | 1.90 | 1.00 | 1.37 | 2.00 | 1.39 | 1.26 | 1.28 | 1.43 | 1.50 | 2.05 | 1.90 | 1.53 |
| 충북 | 1.35 | 1.87 | 1.72 | 1.00 | 0.97 | 1.88 | 1.30 | 0.97 | 1.17 | 1.58 | 1.59 | 1.78 | 1.86 | 1.21 |
| 충남 | 1.27 | 1.40 | 1.29 | 1.00 | 1.09 | 1.30 | 1.21 | 1.10 | 1.29 | 1.73 | 1.71 | 1.37 | 1.51 | 1.28 |
| 전북 | 1.87 | 1.77 | 1.54 | 1.49 | 1.58 | 1.81 | 1.42 | 1.62 | 2.03 | 1.28 | 1.47 | 1.67 | 2.13 | 1.57 |
| 전남 | 1.86 | 1.72 | 1.71 | 1.25 | 1.63 | 1.00 | 1.41 | 1.58 | 2.17 | 1.49 | 1.33 | 1.50 | 1.87 | 1.44 |
| 경북 | 1.71 | 2.02 | 1.10 | 1.35 | 1.64 | 1.68 | 2.16 | 1.94 | 1.51 | 1.59 | 1.41 | 1.34 | 1.82 | 1.33 |
| 경남 | 1.72 | 1.04 | 1.50 | 1.72 | 1.98 | 1.29 | 1.86 | 2.01 | 1.89 | 2.01 | 1.80 | 1.75 | 1.05 | 1.14 |
| 계 | 0.98 | 1.15 | 1.05 | 1.27 | 1.06 | 1.28 | 1.45 | 1.16 | 1.28 | 1.49 | 1.40 | 1.29 | 1.15 | 1.13 |

3) 버스

- 2013년 전국 기준으로 TCS 버스의 AADT/AAWDT 계수는 0.85로 나타났으며, 지역별로는 강원지역이 전일/주중의 교통량 차이가 가장 적게 나타남
- O/D pair별로는 경북->충남의 경우 0.81로 가장 전일/주중의 버스교통량 차이가 크게 나타남

<표 1- 14> 2013년 TCS 버스 AADT/AAWDT 계수

| 구분 | 수도권 | 부산 | 대구 | 광주 | 대전 | 울산 | 강원 | 충북 | 충남 | 전북 | 전남 | 경북 | 경남 | 계 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 0.83 | 0.89 | 0.90 | 1.00 | 0.89 | 0.87 | 0.90 | 0.84 | 0.84 | 0.94 | 0.98 | 0.88 | 0.97 | 0.84 |
| 부산 | 0.89 | 0.81 | 0.86 | 0.86 | 0.87 | 0.85 | 1.00 | 0.89 | 0.86 | 0.88 | 0.88 | 0.91 | 0.84 | 0.84 |
| 대구 | 0.90 | 0.83 | 0.83 | 0.89 | 0.86 | 0.86 | 0.98 | 0.88 | 0.83 | 0.91 | 0.97 | 0.84 | 0.86 | 0.84 |
| 광주 | 1.00 | 0.90 | 0.89 | 0.90 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.89 | 0.88 | 0.85 | 0.91 | 0.88 |
| 대전 | 0.88 | 0.85 | 0.85 | 1.00 | 0.82 | 0.84 | 0.91 | 0.84 | 0.84 | 0.87 | 0.89 | 0.85 | 0.93 | 0.85 |
| 울산 | 0.84 | 0.85 | 0.86 | 1.00 | 0.84 | 0.84 | 1.00 | 0.86 | 0.82 | 0.88 | 1.00 | 0.84 | 0.81 | 0.83 |
| 강원 | 0.91 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.90 | 1.00 | 0.91 | 0.86 | 0.84 | 0.89 | 0.92 | 0.91 | 0.99 | 0.91 |
| 충북 | 0.83 | 0.87 | 0.87 | 1.00 | 0.84 | 0.87 | 0.87 | 0.82 | 0.83 | 0.84 | 0.86 | 0.85 | 0.88 | 0.84 |
| 충남 | 0.84 | 0.85 | 0.84 | 1.00 | 0.84 | 0.84 | 0.87 | 0.83 | 0.84 | 0.87 | 0.92 | 0.81 | 0.86 | 0.84 |
| 전북 | 0.93 | 0.86 | 0.89 | 0.89 | 0.87 | 0.89 | 0.88 | 0.83 | 0.86 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.89 | 0.87 |
| 전남 | 0.98 | 0.87 | 0.94 | 0.88 | 0.90 | 1.00 | 0.93 | 0.87 | 0.90 | 0.85 | 0.88 | 0.88 | 0.91 | 0.89 |
| 경북 | 0.86 | 0.91 | 0.84 | 0.83 | 0.85 | 0.85 | 0.91 | 0.86 | 0.81 | 0.85 | 0.88 | 0.84 | 0.84 | 0.85 |
| 경남 | 0.94 | 0.85 | 0.85 | 0.88 | 0.93 | 0.82 | 0.96 | 0.87 | 0.85 | 0.89 | 0.90 | 0.84 | 0.83 | 0.84 |
| 계 | 0.84 | 0.85 | 0.85 | 0.88 | 0.85 | 0.84 | 0.90 | 0.84 | 0.84 | 0.87 | 0.89 | 0.85 | 0.84 | 0.85 |

<표 1- 15> 2013년 TCS 버스 주말/주중 계수

| 구분 | 수도권 | 부산 | 대구 | 광주 | 대전 | 울산 | 강원 | 충북 | 충남 | 전북 | 전남 | 경북 | 경남 | 계 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 0.46 | 0.67 | 0.68 | 1.00 | 0.65 | 0.58 | 0.67 | 0.50 | 0.50 | 0.81 | 0.95 | 0.63 | 0.90 | 0.49 |
| 부산 | 0.66 | 0.41 | 0.57 | 0.54 | 0.59 | 0.54 | 1.00 | 0.64 | 0.55 | 0.62 | 0.61 | 0.73 | 0.49 | 0.51 |
| 대구 | 0.68 | 0.48 | 0.47 | 0.66 | 0.56 | 0.57 | 0.94 | 0.64 | 0.47 | 0.73 | 0.92 | 0.49 | 0.56 | 0.51 |
| 광주 | 1.00 | 0.68 | 0.66 | 0.69 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.65 | 0.61 | 0.53 | 0.70 | 0.63 |
| 대전 | 0.62 | 0.52 | 0.54 | 1.00 | 0.44 | 0.50 | 0.71 | 0.48 | 0.49 | 0.60 | 0.65 | 0.53 | 0.79 | 0.53 |
| 울산 | 0.50 | 0.53 | 0.55 | 1.00 | 0.50 | 0.49 | 1.00 | 0.56 | 0.42 | 0.61 | 1.00 | 0.50 | 0.41 | 0.47 |
| 강원 | 0.73 | 1.00 | 0.99 | 1.00 | 0.69 | 1.00 | 0.71 | 0.56 | 0.51 | 0.65 | 0.76 | 0.72 | 0.98 | 0.71 |
| 충북 | 0.48 | 0.58 | 0.58 | 1.00 | 0.50 | 0.58 | 0.59 | 0.43 | 0.45 | 0.48 | 0.55 | 0.54 | 0.61 | 0.48 |
| 충남 | 0.50 | 0.52 | 0.49 | 1.00 | 0.50 | 0.50 | 0.59 | 0.46 | 0.50 | 0.58 | 0.75 | 0.42 | 0.56 | 0.51 |
| 전북 | 0.79 | 0.55 | 0.64 | 0.64 | 0.59 | 0.66 | 0.62 | 0.47 | 0.55 | 0.54 | 0.54 | 0.52 | 0.67 | 0.59 |
| 전남 | 0.94 | 0.60 | 0.80 | 0.63 | 0.69 | 1.00 | 0.79 | 0.59 | 0.68 | 0.53 | 0.62 | 0.62 | 0.72 | 0.64 |
| 경북 | 0.57 | 0.73 | 0.51 | 0.47 | 0.52 | 0.54 | 0.73 | 0.56 | 0.39 | 0.52 | 0.61 | 0.48 | 0.50 | 0.52 |
| 경남 | 0.81 | 0.52 | 0.54 | 0.63 | 0.80 | 0.43 | 0.88 | 0.59 | 0.51 | 0.67 | 0.68 | 0.49 | 0.48 | 0.51 |
| 계 | 0.48 | 0.52 | 0.52 | 0.62 | 0.54 | 0.50 | 0.69 | 0.49 | 0.50 | 0.59 | 0.64 | 0.51 | 0.51 | 0.51 |

- 2014년 전국 기준으로 TCS 버스의 AADT/AAWDT 계수는 0.84로 나타났으며, 지역별로는 강원지역이 전일/주중의 교통량 차이가 가장 적게 나타남
- O/D pair별로는 울산->충남의 경우 0.80로 가장 전일/주중의 버스교통량 차이가 크게 나타남

<표 1- 16> 2014년 TCS 버스 AADT/AAWDT 계수

| 구분 | 수도권 | 부산 | 대구 | 광주 | 대전 | 울산 | 강원 | 충북 | 충남 | 전북 | 전남 | 경북 | 경남 | 계 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 0.82 | 0.93 | 0.89 | 1.00 | 0.88 | 0.92 | 0.90 | 0.83 | 0.83 | 0.93 | 0.98 | 0.88 | 0.96 | 0.83 |
| 부산 | 0.91 | 0.81 | 0.85 | 0.84 | 0.87 | 0.83 | 1.00 | 0.87 | 0.84 | 0.87 | 0.86 | 0.90 | 0.83 | 0.84 |
| 대구 | 0.89 | 0.84 | 0.82 | 0.88 | 0.85 | 0.84 | 0.98 | 0.87 | 0.81 | 0.90 | 0.95 | 0.83 | 0.85 | 0.83 |
| 광주 | 1.00 | 0.90 | 0.89 | 0.90 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.87 | 0.87 | 0.85 | 0.89 | 0.88 |
| 대전 | 0.87 | 0.86 | 0.84 | 1.00 | 0.82 | 0.83 | 0.90 | 0.83 | 0.83 | 0.87 | 0.88 | 0.84 | 0.93 | 0.84 |
| 울산 | 0.88 | 0.83 | 0.84 | 1.00 | 0.83 | 0.82 | 0.98 | 0.84 | 0.80 | 0.87 | 1.00 | 0.82 | 0.80 | 0.82 |
| 강원 | 0.90 | 1.00 | 0.99 | 1.00 | 0.92 | 0.99 | 0.90 | 0.85 | 0.85 | 0.89 | 0.93 | 0.91 | 0.99 | 0.90 |
| 충북 | 0.83 | 0.86 | 0.86 | 1.00 | 0.83 | 0.85 | 0.86 | 0.81 | 0.82 | 0.82 | 0.85 | 0.84 | 0.86 | 0.83 |
| 충남 | 0.82 | 0.85 | 0.82 | 1.00 | 0.83 | 0.81 | 0.86 | 0.82 | 0.83 | 0.86 | 0.92 | 0.81 | 0.85 | 0.83 |
| 전북 | 0.92 | 0.86 | 0.88 | 0.87 | 0.86 | 0.90 | 0.87 | 0.82 | 0.85 | 0.84 | 0.84 | 0.83 | 0.89 | 0.86 |
| 전남 | 0.97 | 0.87 | 0.93 | 0.88 | 0.89 | 1.00 | 0.92 | 0.87 | 0.88 | 0.84 | 0.87 | 0.86 | 0.89 | 0.88 |
| 경북 | 0.86 | 0.91 | 0.83 | 0.82 | 0.83 | 0.84 | 0.91 | 0.85 | 0.80 | 0.83 | 0.85 | 0.83 | 0.83 | 0.84 |
| 경남 | 0.94 | 0.84 | 0.84 | 0.87 | 0.93 | 0.81 | 0.95 | 0.86 | 0.84 | 0.89 | 0.88 | 0.83 | 0.82 | 0.83 |
| 계 | 0.82 | 0.84 | 0.84 | 0.88 | 0.85 | 0.83 | 0.90 | 0.83 | 0.83 | 0.86 | 0.88 | 0.84 | 0.83 | 0.84 |

<표 1- 17> 2014년 TCS 버스 주말/주중 계수

| 구분 | 수도권 | 부산 | 대구 | 광주 | 대전 | 울산 | 강원 | 충북 | 충남 | 전북 | 전남 | 경북 | 경남 | 계 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 0.43 | 0.79 | 0.65 | 1.00 | 0.64 | 0.74 | 0.68 | 0.48 | 0.47 | 0.79 | 0.94 | 0.62 | 0.87 | 0.46 |
| 부산 | 0.72 | 0.40 | 0.53 | 0.52 | 0.58 | 0.48 | 1.00 | 0.58 | 0.51 | 0.60 | 0.56 | 0.70 | 0.48 | 0.49 |
| 대구 | 0.67 | 0.50 | 0.45 | 0.64 | 0.52 | 0.52 | 0.95 | 0.60 | 0.43 | 0.69 | 0.84 | 0.47 | 0.53 | 0.49 |
| 광주 | 1.00 | 0.68 | 0.64 | 0.70 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.60 | 0.60 | 0.52 | 0.66 | 0.61 |
| 대전 | 0.59 | 0.57 | 0.50 | 1.00 | 0.44 | 0.48 | 0.68 | 0.46 | 0.47 | 0.59 | 0.63 | 0.50 | 0.79 | 0.51 |
| 울산 | 0.62 | 0.48 | 0.51 | 1.00 | 0.49 | 0.44 | 0.92 | 0.49 | 0.37 | 0.58 | 1.00 | 0.45 | 0.39 | 0.44 |
| 강원 | 0.70 | 1.00 | 0.97 | 1.00 | 0.74 | 0.97 | 0.68 | 0.53 | 0.52 | 0.67 | 0.79 | 0.72 | 0.98 | 0.68 |
| 충북 | 0.46 | 0.57 | 0.57 | 1.00 | 0.48 | 0.53 | 0.56 | 0.41 | 0.44 | 0.45 | 0.52 | 0.51 | 0.57 | 0.46 |
| 충남 | 0.45 | 0.54 | 0.46 | 1.00 | 0.48 | 0.42 | 0.56 | 0.44 | 0.47 | 0.58 | 0.74 | 0.40 | 0.52 | 0.47 |
| 전북 | 0.75 | 0.58 | 0.63 | 0.60 | 0.58 | 0.69 | 0.60 | 0.45 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.47 | 0.64 | 0.56 |
| 전남 | 0.90 | 0.59 | 0.79 | 0.62 | 0.65 | 1.00 | 0.75 | 0.59 | 0.63 | 0.52 | 0.59 | 0.57 | 0.66 | 0.62 |
| 경북 | 0.57 | 0.72 | 0.49 | 0.45 | 0.48 | 0.50 | 0.72 | 0.53 | 0.38 | 0.47 | 0.53 | 0.46 | 0.48 | 0.49 |
| 경남 | 0.80 | 0.50 | 0.51 | 0.60 | 0.77 | 0.40 | 0.84 | 0.55 | 0.50 | 0.66 | 0.64 | 0.48 | 0.45 | 0.48 |
| 계 | 0.46 | 0.51 | 0.50 | 0.62 | 0.52 | 0.46 | 0.68 | 0.47 | 0.47 | 0.58 | 0.62 | 0.49 | 0.48 | 0.49 |

4) 화물트럭

- 2013년 전국 기준으로 TCS 화물트럭의 AADT/AAWDT 계수는 0.92로 나타났으며, 지역별로는 수도권과 충북이 전일/주중의 교통량 차이가 가장 크게 나타남
- 대구->강원의 경우 1.08으로 가장 높고, 충남->부산의 경우 0.82으로 가장 낮게 나타남

<표 1- 18> 2013년 TCS 화물트럭 AADT/AAWDT 계수

| 구분 | 수도권 | 부산 | 대구 | 광주 | 대전 | 울산 | 강원 | 충북 | 충남 | 전북 | 전남 | 경북 | 경남 | 계 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 0.88 | 0.90 | 0.94 | 1.00 | 0.95 | 0.89 | 1.02 | 0.91 | 0.91 | 0.97 | 0.96 | 0.93 | 0.95 | 0.90 |
| 부산 | 0.87 | 0.90 | 0.92 | 0.88 | 0.91 | 0.94 | 1.00 | 0.84 | 0.82 | 0.87 | 0.88 | 0.95 | 0.93 | 0.92 |
| 대구 | 0.96 | 0.92 | 0.90 | 0.95 | 0.99 | 0.97 | 1.08 | 0.97 | 0.90 | 0.98 | 0.98 | 0.94 | 1.01 | 0.94 |
| 광주 | 1.00 | 0.87 | 0.92 | 0.94 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.97 | 0.90 | 0.97 | 0.96 |
| 대전 | 0.95 | 0.83 | 0.95 | 1.00 | 0.90 | 0.88 | 0.96 | 0.91 | 0.94 | 1.00 | 0.95 | 0.93 | 0.94 | 0.93 |
| 울산 | 0.88 | 0.95 | 0.95 | 1.00 | 0.88 | 0.92 | 1.00 | 0.86 | 0.83 | 0.87 | 1.00 | 0.91 | 0.87 | 0.90 |
| 강원 | 1.04 | 1.00 | 1.07 | 1.00 | 0.97 | 1.00 | 1.01 | 0.94 | 0.93 | 0.92 | 0.93 | 1.06 | 1.01 | 1.01 |
| 충북 | 0.92 | 0.83 | 0.95 | 1.00 | 0.92 | 0.88 | 0.96 | 0.88 | 0.87 | 0.89 | 0.89 | 0.93 | 0.90 | 0.91 |
| 충남 | 0.92 | 0.82 | 0.88 | 1.00 | 0.94 | 0.85 | 0.93 | 0.87 | 0.93 | 0.92 | 0.91 | 0.85 | 0.88 | 0.92 |
| 전북 | 0.98 | 0.82 | 0.94 | 1.01 | 1.01 | 0.88 | 0.89 | 0.89 | 0.95 | 0.94 | 0.92 | 0.87 | 0.95 | 0.94 |
| 전남 | 0.96 | 0.85 | 0.92 | 0.98 | 0.97 | 1.00 | 0.93 | 0.89 | 0.93 | 0.92 | 0.95 | 0.86 | 0.96 | 0.95 |
| 경북 | 0.93 | 0.94 | 0.95 | 0.87 | 0.94 | 0.91 | 1.08 | 0.93 | 0.84 | 0.87 | 0.87 | 0.92 | 0.90 | 0.93 |
| 경남 | 0.94 | 0.93 | 0.99 | 0.94 | 1.00 | 0.90 | 1.00 | 0.90 | 0.88 | 0.96 | 0.93 | 0.93 | 0.91 | 0.92 |
| 계 | 0.90 | 0.91 | 0.93 | 0.97 | 0.93 | 0.91 | 1.01 | 0.90 | 0.91 | 0.94 | 0.94 | 0.93 | 0.92 | 0.92 |

<표 1- 19> 2013년 TCS 화물트럭 주말/주중 계수

| 구분 | 수도권 | 부산 | 대구 | 광주 | 대전 | 울산 | 강원 | 충북 | 충남 | 전북 | 전남 | 경북 | 경남 | 계 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 0.63 | 0.69 | 0.81 | 1.00 | 0.83 | 0.65 | 1.06 | 0.70 | 0.72 | 0.91 | 0.88 | 0.78 | 0.84 | 0.67 |
| 부산 | 0.60 | 0.68 | 0.74 | 0.62 | 0.71 | 0.82 | 1.00 | 0.48 | 0.44 | 0.58 | 0.62 | 0.85 | 0.78 | 0.74 |
| 대구 | 0.87 | 0.74 | 0.68 | 0.83 | 0.98 | 0.90 | 1.24 | 0.91 | 0.69 | 0.94 | 0.93 | 0.82 | 1.03 | 0.80 |
| 광주 | 1.00 | 0.60 | 0.73 | 0.81 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.96 | 0.90 | 0.69 | 0.90 | 0.88 |
| 대전 | 0.86 | 0.46 | 0.86 | 1.00 | 0.69 | 0.61 | 0.87 | 0.71 | 0.80 | 1.01 | 0.84 | 0.79 | 0.82 | 0.78 |
| 울산 | 0.62 | 0.86 | 0.85 | 1.00 | 0.62 | 0.74 | 1.00 | 0.57 | 0.45 | 0.60 | 1.00 | 0.71 | 0.60 | 0.69 |
| 강원 | 1.12 | 1.00 | 1.23 | 1.00 | 0.91 | 1.00 | 1.02 | 0.81 | 0.77 | 0.75 | 0.78 | 1.20 | 1.02 | 1.04 |
| 충북 | 0.74 | 0.46 | 0.83 | 1.00 | 0.74 | 0.61 | 0.88 | 0.61 | 0.58 | 0.66 | 0.65 | 0.78 | 0.67 | 0.70 |
| 충남 | 0.75 | 0.42 | 0.62 | 1.00 | 0.81 | 0.52 | 0.79 | 0.59 | 0.78 | 0.75 | 0.71 | 0.51 | 0.62 | 0.73 |
| 전북 | 0.94 | 0.45 | 0.81 | 1.04 | 1.02 | 0.64 | 0.65 | 0.66 | 0.85 | 0.81 | 0.76 | 0.60 | 0.84 | 0.82 |
| 전남 | 0.89 | 0.53 | 0.74 | 0.93 | 0.89 | 1.00 | 0.79 | 0.64 | 0.77 | 0.74 | 0.86 | 0.56 | 0.86 | 0.83 |
| 경북 | 0.77 | 0.81 | 0.84 | 0.60 | 0.82 | 0.70 | 1.24 | 0.77 | 0.51 | 0.60 | 0.59 | 0.75 | 0.70 | 0.77 |
| 경남 | 0.81 | 0.77 | 0.96 | 0.82 | 0.99 | 0.70 | 1.00 | 0.70 | 0.64 | 0.87 | 0.78 | 0.80 | 0.72 | 0.75 |
| 계 | 0.68 | 0.73 | 0.79 | 0.90 | 0.79 | 0.73 | 1.02 | 0.69 | 0.73 | 0.80 | 0.82 | 0.78 | 0.75 | 0.74 |

- 2014년 전국 기준으로 TCS 화물트럭의 AADT/AAWDT 계수는 0.91로 나타났으며, 지역별로는 수도권과 충북지역이 전일/주중의 교통량 차이가 가장 크게 나타남
- 대구->강원의 경우 1.08으로 가장 높고, 충남->부산의 경우 0.81으로 가장 낮게 나타남

<표 1- 20> 2014년 TCS 화물트럭 AADT/AAWDT 계수

| 구분 | 수도권 | 부산 | 대구 | 광주 | 대전 | 울산 | 강원 | 충북 | 충남 | 전북 | 전남 | 경북 | 경남 | 계 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 0.87 | 0.89 | 0.93 | 1.00 | 0.94 | 0.89 | 1.02 | 0.90 | 0.90 | 0.98 | 0.97 | 0.93 | 0.94 | 0.89 |
| 부산 | 0.84 | 0.91 | 0.92 | 0.88 | 0.90 | 0.93 | 1.00 | 0.83 | 0.81 | 0.87 | 0.87 | 0.96 | 0.93 | 0.92 |
| 대구 | 0.96 | 0.93 | 0.89 | 0.94 | 0.98 | 0.95 | 1.08 | 0.96 | 0.89 | 0.99 | 0.96 | 0.93 | 1.00 | 0.93 |
| 광주 | 1.00 | 0.87 | 0.91 | 0.95 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.98 | 0.97 | 0.90 | 0.97 | 0.96 |
| 대전 | 0.95 | 0.83 | 0.94 | 1.00 | 0.90 | 0.87 | 0.95 | 0.90 | 0.93 | 1.00 | 0.94 | 0.93 | 0.93 | 0.92 |
| 울산 | 0.86 | 0.94 | 0.94 | 1.00 | 0.87 | 0.90 | 0.96 | 0.84 | 0.81 | 0.86 | 1.00 | 0.89 | 0.86 | 0.89 |
| 강원 | 1.04 | 1.00 | 1.07 | 1.00 | 0.97 | 0.98 | 1.00 | 0.92 | 0.92 | 0.91 | 0.93 | 1.05 | 0.99 | 1.00 |
| 충북 | 0.90 | 0.82 | 0.94 | 1.00 | 0.91 | 0.85 | 0.94 | 0.87 | 0.86 | 0.89 | 0.88 | 0.91 | 0.88 | 0.90 |
| 충남 | 0.90 | 0.81 | 0.87 | 1.00 | 0.93 | 0.83 | 0.91 | 0.86 | 0.92 | 0.93 | 0.90 | 0.84 | 0.87 | 0.90 |
| 전북 | 0.98 | 0.83 | 0.94 | 1.03 | 1.00 | 0.88 | 0.88 | 0.89 | 0.95 | 0.94 | 0.92 | 0.87 | 0.96 | 0.94 |
| 전남 | 0.97 | 0.85 | 0.92 | 0.98 | 0.97 | 1.00 | 0.93 | 0.88 | 0.94 | 0.92 | 0.96 | 0.85 | 0.95 | 0.95 |
| 경북 | 0.92 | 0.95 | 0.94 | 0.87 | 0.94 | 0.90 | 1.06 | 0.91 | 0.84 | 0.87 | 0.85 | 0.91 | 0.90 | 0.92 |
| 경남 | 0.94 | 0.93 | 0.99 | 0.95 | 0.99 | 0.90 | 1.02 | 0.89 | 0.88 | 0.97 | 0.92 | 0.93 | 0.90 | 0.92 |
| 계 | 0.89 | 0.92 | 0.92 | 0.97 | 0.93 | 0.90 | 1.00 | 0.89 | 0.91 | 0.94 | 0.94 | 0.92 | 0.91 | 0.91 |

<표 1- 21> 2014년 TCS 화물트럭 주말/주중 계수

| 구분 | 수도권 | 부산 | 대구 | 광주 | 대전 | 울산 | 강원 | 충북 | 충남 | 전북 | 전남 | 경북 | 경남 | 계 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 0.61 | 0.65 | 0.80 | 1.00 | 0.83 | 0.65 | 1.06 | 0.68 | 0.70 | 0.93 | 0.90 | 0.77 | 0.82 | 0.65 |
| 부산 | 0.51 | 0.71 | 0.75 | 0.62 | 0.69 | 0.78 | 1.00 | 0.46 | 0.42 | 0.60 | 0.60 | 0.87 | 0.78 | 0.74 |
| 대구 | 0.87 | 0.79 | 0.66 | 0.82 | 0.94 | 0.86 | 1.24 | 0.88 | 0.67 | 0.96 | 0.87 | 0.79 | 1.00 | 0.78 |
| 광주 | 1.00 | 0.60 | 0.73 | 0.83 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.94 | 0.90 | 0.70 | 0.89 | 0.88 |
| 대전 | 0.84 | 0.48 | 0.83 | 1.00 | 0.68 | 0.58 | 0.85 | 0.70 | 0.78 | 0.99 | 0.82 | 0.78 | 0.80 | 0.76 |
| 울산 | 0.57 | 0.82 | 0.80 | 1.00 | 0.59 | 0.69 | 0.88 | 0.51 | 0.42 | 0.58 | 1.00 | 0.66 | 0.57 | 0.66 |
| 강원 | 1.12 | 1.00 | 1.21 | 1.00 | 0.91 | 0.94 | 0.99 | 0.77 | 0.75 | 0.73 | 0.80 | 1.16 | 0.98 | 1.01 |
| 충북 | 0.71 | 0.44 | 0.81 | 1.00 | 0.74 | 0.55 | 0.82 | 0.61 | 0.57 | 0.66 | 0.63 | 0.73 | 0.63 | 0.68 |
| 충남 | 0.70 | 0.42 | 0.60 | 1.00 | 0.79 | 0.47 | 0.72 | 0.57 | 0.76 | 0.78 | 0.71 | 0.50 | 0.59 | 0.71 |
| 전북 | 0.93 | 0.46 | 0.81 | 1.08 | 1.00 | 0.62 | 0.62 | 0.65 | 0.86 | 0.81 | 0.75 | 0.59 | 0.86 | 0.82 |
| 전남 | 0.90 | 0.54 | 0.75 | 0.94 | 0.90 | 1.00 | 0.78 | 0.63 | 0.81 | 0.75 | 0.87 | 0.54 | 0.85 | 0.83 |
| 경북 | 0.77 | 0.85 | 0.80 | 0.60 | 0.82 | 0.68 | 1.20 | 0.73 | 0.51 | 0.61 | 0.54 | 0.71 | 0.68 | 0.74 |
| 경남 | 0.81 | 0.78 | 0.95 | 0.83 | 0.98 | 0.68 | 1.06 | 0.67 | 0.63 | 0.92 | 0.77 | 0.79 | 0.70 | 0.74 |
| 계 | 0.65 | 0.74 | 0.77 | 0.91 | 0.78 | 0.70 | 1.00 | 0.66 | 0.71 | 0.81 | 0.82 | 0.75 | 0.73 | 0.72 |

나. 도로부문 : 상시조사지점 교통량

1) 고속국도

- 2013년 전국 기준으로 고속국도 상시조사지점 전차종의 AADT/AAWDT 계수는 1.04으로 나타났으며, 권역별로는 강원지역이 1.24로 가장 높게 나타남
- 수단별로는 승용차는 주중대비 전일교통량이 높게, 버스는 비슷하게, 화물트럭은 낮게 나타남

<표 1- 22> 2013년 도로교통량 상시조사지점 고속국도 AADT/AAWDT 계수

| 구분 | 승용차 | 버스 | 화물트럭 | 합계 | |
|-------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 1.09 | 0.94 | 0.72 | 0.99 | |
| 부산울산권 | 1.26 | 0.96 | 0.70 | 1.07 | |
| 대구광역권 | 1.24 | 0.97 | 0.73 | 1.05 | |
| 광주광역권 | 1.25 | 1.02 | 0.75 | 1.10 | |
| 대전광역권 | 1.26 | 0.98 | 0.72 | 1.08 | |
| 기타권역 | 강원도 | 1.39 | 1.18 | 0.74 | 1.24 |
| | 충청북도 | 1.28 | 0.94 | 0.72 | 1.08 |
| | 충청남도 | 1.17 | 1.00 | 0.64 | 1.01 |
| | 전라북도 | 1.40 | 1.11 | 0.73 | 1.18 |
| | 전라남도 | 1.41 | 1.11 | 0.74 | 1.17 |
| | 경상북도 | 1.32 | 1.01 | 0.72 | 1.06 |
| | 경상남도 | 1.41 | 1.10 | 0.72 | 1.15 |
| 합계 | 1.18 | 0.99 | 0.72 | 1.04 | |

<표 1- 23> 2013년 도로교통량 상시조사지점 고속국도 주말/주중 계수

| 구분 | 승용차 | 버스 | 화물트럭 | 합계 | |
|-------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 1.17 | 0.88 | 0.44 | 0.98 | |
| 부산울산권 | 1.52 | 0.92 | 0.40 | 1.14 | |
| 대구광역권 | 1.48 | 0.95 | 0.47 | 1.11 | |
| 광주광역권 | 1.51 | 1.04 | 0.50 | 1.21 | |
| 대전광역권 | 1.52 | 0.97 | 0.45 | 1.15 | |
| 기타권역 | 강원도 | 1.78 | 1.37 | 0.49 | 1.48 |
| | 충청북도 | 1.57 | 0.88 | 0.45 | 1.16 |
| | 충청남도 | 1.62 | 1.16 | 0.42 | 1.26 |
| | 전라북도 | 1.80 | 1.21 | 0.46 | 1.36 |
| | 전라남도 | 1.81 | 1.23 | 0.48 | 1.35 |
| | 경상북도 | 1.63 | 1.02 | 0.43 | 1.12 |
| | 경상남도 | 1.81 | 1.20 | 0.44 | 1.30 |
| 합계 | 1.38 | 0.99 | 0.45 | 1.10 | |

- 2014년 전국 기준으로 고속국도 상시조사지점 전차종의 AADT/AAWDT 계수는 1.02으로 나타났으며, 권역별로는 강원지역이 1.15로 가장 높게 나타남
- 수단별로는 승용차는 주중대비 전일교통량이 높게, 버스는 비슷하게, 화물트럭은 낮게 나타남
- 고속국도의 수단별 주말환산계수 산출결과, 승용차와 화물은 TCS자료를 이용해 산출한 결과와 유사하게 나타났으나, 버스의 경우 다소 차이를 보임

<표 1- 24> 2014년 도로교통량 상시조사지점 고속국도 AADT/AAWDT 계수

| 구분 | 승용차 | 버스 | 화물트럭 | 합계 | |
|-------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 1.05 | 0.97 | 0.82 | 0.99 | |
| 부산울산권 | 1.16 | 0.99 | 0.80 | 1.04 | |
| 대구광역권 | 1.14 | 1.00 | 0.82 | 1.03 | |
| 광주광역권 | 1.12 | 1.02 | 0.83 | 1.04 | |
| 대전광역권 | 1.16 | 1.04 | 0.82 | 1.05 | |
| 기타권역 | 강원도 | 1.24 | 1.13 | 0.84 | 1.15 |
| | 충청북도 | 1.21 | 1.09 | 0.88 | 1.09 |
| | 충청남도 | 1.21 | 1.07 | 0.82 | 1.09 |
| | 전라북도 | 1.26 | 1.08 | 0.81 | 1.12 |
| | 전라남도 | 1.23 | 1.06 | 0.83 | 1.10 |
| | 경상북도 | 1.19 | 1.03 | 0.81 | 1.03 |
| | 경상남도 | 1.25 | 1.08 | 0.81 | 1.10 |
| 합계 | 1.11 | 1.01 | 0.82 | 1.02 | |

<표 1- 25> 2014년 도로교통량 상시조사지점 고속국도 주말/주중 계수

| 구분 | 승용차 | 버스 | 화물트럭 | 합계 | |
|-------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 1.15 | 0.91 | 0.46 | 0.97 | |
| 부산울산권 | 1.48 | 0.98 | 0.39 | 1.11 | |
| 대구광역권 | 1.44 | 0.99 | 0.45 | 1.09 | |
| 광주광역권 | 1.35 | 1.06 | 0.47 | 1.13 | |
| 대전광역권 | 1.50 | 1.12 | 0.44 | 1.15 | |
| 기타권역 | 강원도 | 1.72 | 1.39 | 0.52 | 1.46 |
| | 충청북도 | 1.64 | 1.26 | 0.62 | 1.27 |
| | 충청남도 | 1.64 | 1.20 | 0.43 | 1.27 |
| | 전라북도 | 1.79 | 1.23 | 0.43 | 1.36 |
| | 전라남도 | 1.70 | 1.20 | 0.48 | 1.31 |
| | 경상북도 | 1.58 | 1.09 | 0.41 | 1.10 |
| | 경상남도 | 1.78 | 1.26 | 0.43 | 1.29 |
| 합계 | 1.32 | 1.02 | 0.45 | 1.07 | |

2) 일반국도

- 2013년 전국기준 일반국도 상시조사지점 전차종의 AADT/AAWDT 계수는 1.01으로 나타났으며, 권역별로는 강원지역이 1.09로 가장 높게 나타났으며, 수도권이 0.98로 가장 낮게 나타남
- 수단별로는 승용차는 주중대비 전일교통량이 높게, 버스는 다소 낮게, 화물트럭은 많이 낮게 나타남

<표 1- 26> 2013년 도로교통량 상시조사지점 일반국도 AADT/AAWDT 계수

| 구분 | 승용차 | 버스 | 화물트럭 | 합계 | |
|-------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 1.02 | 0.93 | 0.85 | 0.98 | |
| 부산울산권 | 1.05 | 0.92 | 0.85 | 1.00 | |
| 대구광역권 | 1.08 | 0.93 | 0.87 | 1.02 | |
| 광주광역권 | 1.05 | 0.96 | 0.90 | 1.01 | |
| 대전광역권 | 1.04 | 0.95 | 0.89 | 1.00 | |
| 기타권역 | 강원도 | 1.15 | 1.05 | 0.93 | 1.09 |
| | 충청북도 | 1.11 | 1.02 | 0.88 | 1.04 |
| | 충청남도 | 1.08 | 0.93 | 0.83 | 1.01 |
| | 전라북도 | 1.04 | 0.94 | 0.89 | 1.00 |
| | 전라남도 | 1.08 | 0.99 | 0.88 | 1.02 |
| | 경상북도 | 1.14 | 1.04 | 0.90 | 1.07 |
| | 경상남도 | 1.10 | 0.96 | 0.87 | 1.04 |
| 합계 | 1.06 | 0.96 | 0.87 | 1.01 | |

<표 1- 27> 2013년 도로교통량 상시조사지점 일반국도 주말/주중 계수

| 구분 | 승용차 | 버스 | 화물트럭 | 합계 | |
|-------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 1.05 | 0.87 | 0.70 | 0.95 | |
| 부산울산권 | 1.11 | 0.85 | 0.72 | 1.01 | |
| 대구광역권 | 1.17 | 0.85 | 0.73 | 1.04 | |
| 광주광역권 | 1.10 | 0.91 | 0.80 | 1.02 | |
| 대전광역권 | 1.08 | 0.90 | 0.79 | 1.01 | |
| 기타권역 | 강원도 | 1.30 | 1.10 | 0.87 | 1.19 |
| | 충청북도 | 1.21 | 1.03 | 0.76 | 1.08 |
| | 충청남도 | 1.15 | 0.87 | 0.66 | 1.01 |
| | 전라북도 | 1.08 | 0.89 | 0.77 | 1.00 |
| | 전라남도 | 1.16 | 0.98 | 0.77 | 1.05 |
| | 경상북도 | 1.28 | 1.08 | 0.80 | 1.14 |
| | 경상남도 | 1.20 | 0.91 | 0.74 | 1.08 |
| 합계 | 1.13 | 0.92 | 0.74 | 1.02 | |

- 2014년 전국기준 일반국도 상시조사지점 전차종의 AADT/AAWDT 계수는 1.01으로 나타났

으며, 권역별로는 강원지역이 1.07로 가장 높게 나타났으며, 수도권이 0.98로 가장 낮게 나타남

- 수단별로는 승용차는 주중대비 전일교통량이 높게, 버스와 트럭은 낮게 나타남

<표 1- 28> 2014년 도로교통량 상시조사지점 일반국도 AADT/AAWDT 계수

| 구분 | 승용차 | 버스 | 화물트럭 | 합계 | |
|-------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 1.02 | 0.96 | 0.89 | 0.98 | |
| 부산울산권 | 1.05 | 0.95 | 0.90 | 1.01 | |
| 대구광역권 | 1.06 | 0.96 | 0.91 | 1.02 | |
| 광주광역권 | 1.04 | 0.97 | 0.93 | 1.01 | |
| 대전광역권 | 1.03 | 0.96 | 0.92 | 1.01 | |
| 기타권역 | 강원도 | 1.11 | 1.03 | 0.95 | 1.07 |
| | 충청북도 | 1.09 | 1.02 | 0.91 | 1.04 |
| | 충청남도 | 1.05 | 0.95 | 0.88 | 1.01 |
| | 전라북도 | 1.04 | 0.96 | 0.92 | 1.00 |
| | 전라남도 | 1.06 | 1.00 | 0.93 | 1.02 |
| | 경상북도 | 1.10 | 1.03 | 0.92 | 1.05 |
| | 경상남도 | 1.07 | 0.98 | 0.92 | 1.03 |
| 합계 | 1.05 | 0.97 | 0.91 | 1.01 | |

<표 1- 29> 2014년 도로교통량 상시조사지점 일반국도 주말/주중 계수

| 구분 | 승용차 | 버스 | 화물 | 합계 | |
|-------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 1.05 | 0.86 | 0.66 | 0.95 | |
| 부산울산권 | 1.15 | 0.85 | 0.69 | 1.04 | |
| 대구광역권 | 1.18 | 0.87 | 0.71 | 1.05 | |
| 광주광역권 | 1.11 | 0.90 | 0.78 | 1.03 | |
| 대전광역권 | 1.10 | 0.88 | 0.76 | 1.02 | |
| 기타권역 | 강원도 | 1.33 | 1.10 | 0.83 | 1.21 |
| | 충청북도 | 1.28 | 1.05 | 0.71 | 1.12 |
| | 충청남도 | 1.17 | 0.86 | 0.64 | 1.02 |
| | 전라북도 | 1.11 | 0.88 | 0.75 | 1.01 |
| | 전라남도 | 1.18 | 0.99 | 0.78 | 1.07 |
| | 경상북도 | 1.32 | 1.09 | 0.76 | 1.16 |
| | 경상남도 | 1.23 | 0.93 | 0.74 | 1.10 |
| 합계 | 1.15 | 0.92 | 0.72 | 1.03 | |

다. 철도부문 : 철도수송인원

1) 고속철도

- 2013년의 경우, 전국기준 고속철도의 AADT/AAWDT 계수는 1.09로 나타남
- 지역별로는 부산 지역이 다른 지역에 비해 높게, 충북지역이 낮게 나타남
- 부산->경남의 경우 1.49로 가장 높게, 충북->충남의 경우 0.80으로 가장 낮게 나타남

<표 1- 30> 2013년 고속철도 AADT/AAWDT 계수

| 구분 | 수도권 | 부산 | 대구 | 광주 | 대전 | 울산 | 강원 | 충북 | 충남 | 전북 | 전남 | 경북 | 경남 | 계 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 0.95 | 1.11 | 1.08 | 1.12 | 1.03 | 1.08 | 1.00 | 0.86 | 0.94 | 1.16 | 1.13 | 1.08 | 1.08 | 1.07 |
| 부산 | 1.17 | 1.26 | 1.27 | 1.00 | 1.21 | 1.11 | 1.00 | 1.18 | 1.20 | 1.00 | 1.00 | 1.22 | 1.49 | 1.19 |
| 대구 | 1.09 | 1.23 | 1.00 | 1.00 | 1.13 | 1.18 | 1.00 | 1.08 | 1.19 | 1.00 | 1.00 | 0.98 | 1.16 | 1.12 |
| 광주 | 1.18 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.12 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.18 | 1.11 | 0.92 | 1.00 | 1.00 | 1.15 |
| 대전 | 1.03 | 1.14 | 1.09 | 1.09 | 1.00 | 1.14 | 1.00 | 0.91 | 0.90 | 1.11 | 1.18 | 1.07 | 1.11 | 1.05 |
| 울산 | 1.06 | 1.11 | 1.18 | 1.00 | 1.15 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.05 | 1.00 | 1.00 | 1.31 | 1.00 | 1.09 |
| 강원 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 충북 | 0.84 | 1.14 | 1.06 | 1.00 | 0.89 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.80 | 1.00 | 1.00 | 1.13 | 1.00 | 0.90 |
| 충남 | 0.93 | 1.12 | 1.09 | 1.09 | 0.89 | 1.10 | 1.00 | 0.81 | 1.21 | 1.10 | 1.19 | 1.12 | 1.16 | 0.98 |
| 전북 | 1.23 | 1.00 | 1.00 | 1.08 | 1.13 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.16 | 0.97 | 1.23 | 1.00 | 1.00 | 1.18 |
| 전남 | 1.16 | 1.00 | 1.00 | 0.92 | 1.14 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.22 | 1.26 | 1.21 | 1.00 | 1.00 | 1.15 |
| 경북 | 1.09 | 1.22 | 0.98 | 1.00 | 1.08 | 1.31 | 1.00 | 1.11 | 1.20 | 1.00 | 1.00 | 0.96 | 1.21 | 1.10 |
| 경남 | 1.06 | 1.39 | 1.24 | 1.00 | 1.12 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.14 | 1.00 | 1.00 | 1.25 | 1.29 | 1.10 |
| 계 | 1.08 | 1.13 | 1.11 | 1.10 | 1.06 | 1.11 | 1.00 | 0.92 | 1.01 | 1.14 | 1.13 | 1.09 | 1.11 | 1.09 |

<표 1- 31> 2013년 고속철도 주말/주중 계수

| 구분 | 수도권 | 부산 | 대구 | 광주 | 대전 | 울산 | 강원 | 충북 | 충남 | 전북 | 전남 | 경북 | 경남 | 계 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 0.84 | 1.35 | 1.26 | 1.39 | 1.10 | 1.27 | 1.00 | 0.55 | 0.83 | 1.51 | 1.40 | 1.24 | 1.26 | 1.21 |
| 부산 | 1.53 | 1.81 | 1.84 | 1.00 | 1.66 | 1.35 | 1.00 | 1.57 | 1.64 | 1.00 | 1.00 | 1.71 | 2.55 | 1.59 |
| 대구 | 1.30 | 1.71 | 1.00 | 1.00 | 1.41 | 1.56 | 1.00 | 1.24 | 1.59 | 1.00 | 1.00 | 0.95 | 1.51 | 1.39 |
| 광주 | 1.56 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.39 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.56 | 1.36 | 0.75 | 1.00 | 1.00 | 1.46 |
| 대전 | 1.09 | 1.45 | 1.29 | 1.29 | 1.00 | 1.43 | 1.00 | 0.71 | 0.69 | 1.36 | 1.56 | 1.23 | 1.35 | 1.16 |
| 울산 | 1.18 | 1.35 | 1.57 | 1.00 | 1.46 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.15 | 1.00 | 1.00 | 1.98 | 1.00 | 1.28 |
| 강원 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 충북 | 0.51 | 1.43 | 1.19 | 1.00 | 0.66 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.36 | 1.00 | 1.00 | 1.42 | 1.00 | 0.70 |
| 충남 | 0.79 | 1.37 | 1.27 | 1.29 | 0.66 | 1.32 | 1.00 | 0.40 | 1.67 | 1.32 | 1.61 | 1.39 | 1.51 | 0.94 |
| 전북 | 1.71 | 1.00 | 1.00 | 1.25 | 1.42 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.52 | 0.90 | 1.71 | 1.00 | 1.00 | 1.56 |
| 전남 | 1.51 | 1.00 | 1.00 | 0.73 | 1.45 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.70 | 1.82 | 1.65 | 1.00 | 1.00 | 1.47 |
| 경북 | 1.27 | 1.70 | 0.93 | 1.00 | 1.26 | 1.97 | 1.00 | 1.36 | 1.63 | 1.00 | 1.00 | 0.89 | 1.65 | 1.30 |
| 경남 | 1.19 | 2.23 | 1.76 | 1.00 | 1.39 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.43 | 1.00 | 1.00 | 1.79 | 1.91 | 1.33 |
| 계 | 1.26 | 1.41 | 1.36 | 1.31 | 1.19 | 1.34 | 1.00 | 0.74 | 1.02 | 1.44 | 1.40 | 1.27 | 1.36 | 1.27 |

- 2014년의 경우, 전국기준 고속철도의 AADT/AAWDT 계수는 1.07로 나타남
- 지역별로는 부산 지역이 다른 지역에 비해 높게, 충북지역이 낮게 나타남
- 부산->경남의 경우 1.45로 가장 높게, 충남->충북의 경우 0.79으로 가장 낮게 나타남

<표 1- 32> 2014년 고속철도 AADT/AAWDT 계수

| 구분 | 수도권 | 부산 | 대구 | 광주 | 대전 | 울산 | 강원 | 충북 | 충남 | 전북 | 전남 | 경북 | 경남 | 계 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 0.93 | 1.10 | 1.07 | 1.11 | 1.03 | 1.08 | 1.00 | 0.84 | 0.94 | 1.14 | 1.12 | 1.07 | 1.07 | 1.05 |
| 부산 | 1.15 | 1.28 | 1.27 | 1.00 | 1.19 | 1.13 | 1.00 | 1.14 | 1.20 | 1.00 | 1.00 | 1.22 | 1.45 | 1.17 |
| 대구 | 1.08 | 1.22 | 1.00 | 1.00 | 1.13 | 1.18 | 1.00 | 1.02 | 1.17 | 1.00 | 1.00 | 0.97 | 1.15 | 1.11 |
| 광주 | 1.16 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.10 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.14 | 1.11 | 0.92 | 1.00 | 1.00 | 1.13 |
| 대전 | 1.02 | 1.13 | 1.09 | 1.08 | 1.00 | 1.13 | 1.00 | 0.91 | 0.90 | 1.12 | 1.15 | 1.05 | 1.09 | 1.04 |
| 울산 | 1.04 | 1.13 | 1.18 | 1.00 | 1.12 | 1.00 | 1.00 | 1.08 | 1.03 | 1.00 | 1.00 | 1.28 | 1.00 | 1.07 |
| 강원 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 충북 | 0.82 | 1.09 | 1.01 | 1.00 | 0.88 | 1.12 | 1.00 | 1.00 | 0.80 | 1.00 | 1.00 | 1.06 | 1.00 | 0.87 |
| 충남 | 0.93 | 1.12 | 1.09 | 1.07 | 0.89 | 1.07 | 1.00 | 0.79 | 1.12 | 1.11 | 1.15 | 1.10 | 1.13 | 0.97 |
| 전북 | 1.20 | 1.00 | 1.00 | 1.07 | 1.14 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.18 | 0.98 | 1.19 | 1.00 | 1.00 | 1.16 |
| 전남 | 1.14 | 1.00 | 1.00 | 0.91 | 1.12 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.16 | 1.25 | 1.17 | 1.00 | 1.00 | 1.13 |
| 경북 | 1.07 | 1.23 | 0.97 | 1.00 | 1.04 | 1.29 | 1.00 | 1.06 | 1.16 | 1.00 | 1.00 | 0.97 | 0.97 | 1.08 |
| 경남 | 1.05 | 1.35 | 1.23 | 1.00 | 1.09 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.11 | 1.00 | 1.00 | 1.04 | 1.27 | 1.09 |
| 계 | 1.06 | 1.12 | 1.11 | 1.08 | 1.05 | 1.10 | 1.00 | 0.89 | 1.00 | 1.13 | 1.11 | 1.08 | 1.10 | 1.07 |

<표 1- 33> 2014년 고속철도 주말/주중 계수

| 구분 | 수도권 | 부산 | 대구 | 광주 | 대전 | 울산 | 강원 | 충북 | 충남 | 전북 | 전남 | 경북 | 경남 | 계 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 0.79 | 1.30 | 1.23 | 1.33 | 1.08 | 1.24 | 1.00 | 0.49 | 0.82 | 1.44 | 1.36 | 1.22 | 1.22 | 1.16 |
| 부산 | 1.47 | 1.86 | 1.83 | 1.00 | 1.57 | 1.40 | 1.00 | 1.43 | 1.61 | 1.00 | 1.00 | 1.69 | 2.39 | 1.53 |
| 대구 | 1.24 | 1.68 | 1.00 | 1.00 | 1.41 | 1.54 | 1.00 | 1.07 | 1.52 | 1.00 | 1.00 | 0.91 | 1.46 | 1.34 |
| 광주 | 1.49 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.32 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.45 | 1.34 | 0.76 | 1.00 | 1.00 | 1.41 |
| 대전 | 1.05 | 1.40 | 1.27 | 1.25 | 1.00 | 1.41 | 1.00 | 0.72 | 0.70 | 1.37 | 1.45 | 1.15 | 1.27 | 1.12 |
| 울산 | 1.13 | 1.39 | 1.55 | 1.00 | 1.36 | 1.00 | 1.00 | 1.26 | 1.09 | 1.00 | 1.00 | 1.85 | 1.00 | 1.23 |
| 강원 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 충북 | 0.44 | 1.26 | 1.02 | 1.00 | 0.64 | 1.36 | 1.00 | 1.00 | 0.39 | 1.00 | 1.00 | 1.17 | 1.00 | 0.60 |
| 충남 | 0.78 | 1.37 | 1.27 | 1.23 | 0.66 | 1.22 | 1.00 | 0.34 | 1.38 | 1.33 | 1.46 | 1.31 | 1.42 | 0.92 |
| 전북 | 1.62 | 1.00 | 1.00 | 1.22 | 1.44 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.54 | 0.93 | 1.59 | 1.00 | 1.00 | 1.49 |
| 전남 | 1.45 | 1.00 | 1.00 | 0.72 | 1.37 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.49 | 1.76 | 1.52 | 1.00 | 1.00 | 1.41 |
| 경북 | 1.23 | 1.73 | 0.90 | 1.00 | 1.13 | 1.89 | 1.00 | 1.18 | 1.50 | 1.00 | 1.00 | 0.90 | 0.90 | 1.25 |
| 경남 | 1.16 | 2.09 | 1.71 | 1.00 | 1.28 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.34 | 1.00 | 1.00 | 1.12 | 1.84 | 1.28 |
| 계 | 1.19 | 1.37 | 1.33 | 1.26 | 1.16 | 1.32 | 1.00 | 0.65 | 0.99 | 1.39 | 1.35 | 1.23 | 1.30 | 1.22 |

2) 일반철도

- 전국 기준으로 일반철도의 AADT/AAWDT 계수는 1.10로 나타남
- 지역별로는 광주 지역이 다른 지역에 비해 높게, 충남지역이 낮게 나타남
- 경남→대전의 경우 1.44로 가장 높게 나타났으며, 대전→대전의 경우 0.97로 가장 낮게 나타남

<표 1- 34> 2013년 일반철도 AADT/AAWDT 계수

| 구분 | 수도권 | 부산 | 대구 | 광주 | 대전 | 울산 | 강원 | 충북 | 충남 | 전북 | 전남 | 경북 | 경남 | 계 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 0.98 | 1.09 | 1.24 | 1.27 | 1.22 | 1.18 | 1.20 | 1.30 | 1.08 | 1.30 | 1.14 | 1.24 | 1.21 | 1.07 |
| 부산 | 1.20 | 1.14 | 1.28 | 1.00 | 1.33 | 1.12 | 1.00 | 1.35 | 1.22 | 1.00 | 1.00 | 1.29 | 1.04 | 1.18 |
| 대구 | 1.29 | 1.28 | 1.00 | 1.00 | 1.41 | 1.34 | 1.00 | 1.22 | 1.28 | 1.00 | 1.00 | 1.04 | 1.12 | 1.12 |
| 광주 | 1.38 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.38 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.28 | 1.23 | 1.04 | 1.00 | 1.00 | 1.21 |
| 대전 | 1.20 | 1.24 | 1.30 | 1.29 | 0.97 | 1.00 | 1.00 | 1.06 | 1.00 | 1.24 | 1.24 | 1.18 | 1.25 | 1.12 |
| 울산 | 1.07 | 1.14 | 1.38 | 1.00 | 1.00 | 1.19 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.17 | 1.00 | 1.17 |
| 강원 | 1.22 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.14 | 1.17 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.30 | 1.00 | 1.21 |
| 충북 | 1.32 | 1.32 | 1.19 | 1.00 | 1.04 | 1.00 | 1.15 | 1.04 | 1.14 | 1.00 | 1.00 | 1.19 | 1.00 | 1.12 |
| 충남 | 1.05 | 1.11 | 1.21 | 1.22 | 0.99 | 1.00 | 1.00 | 1.13 | 1.02 | 1.23 | 1.20 | 1.27 | 1.16 | 1.05 |
| 전북 | 1.37 | 1.00 | 1.00 | 1.25 | 1.27 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.21 | 1.01 | 1.24 | 1.00 | 1.00 | 1.18 |
| 전남 | 1.28 | 1.00 | 1.00 | 1.05 | 1.33 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.25 | 1.30 | 1.07 | 1.00 | 1.37 | 1.21 |
| 경북 | 1.23 | 1.28 | 1.03 | 1.00 | 1.22 | 1.13 | 1.23 | 1.15 | 1.26 | 1.00 | 1.00 | 1.06 | 1.13 | 1.10 |
| 경남 | 1.25 | 1.03 | 1.14 | 1.00 | 1.44 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.24 | 1.00 | 1.37 | 1.17 | 1.04 | 1.08 |
| 계 | 1.08 | 1.17 | 1.11 | 1.21 | 1.13 | 1.14 | 1.18 | 1.12 | 1.06 | 1.18 | 1.15 | 1.11 | 1.08 | 1.10 |

<표 1- 35> 2013년 일반철도 주말/주중 계수

| 구분 | 수도권 | 부산 | 대구 | 광주 | 대전 | 울산 | 강원 | 충북 | 충남 | 전북 | 전남 | 경북 | 경남 | 계 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 0.94 | 1.30 | 1.74 | 1.86 | 1.68 | 1.57 | 1.62 | 1.95 | 1.24 | 1.94 | 1.43 | 1.76 | 1.67 | 1.23 |
| 부산 | 1.64 | 1.43 | 1.89 | 1.00 | 2.04 | 1.37 | 1.00 | 2.10 | 1.69 | 1.00 | 1.00 | 1.92 | 1.12 | 1.58 |
| 대구 | 1.93 | 1.89 | 1.00 | 1.00 | 2.29 | 2.07 | 1.00 | 1.69 | 1.90 | 1.00 | 1.00 | 1.13 | 1.39 | 1.37 |
| 광주 | 2.18 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 2.19 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.87 | 1.73 | 1.12 | 1.00 | 1.00 | 1.65 |
| 대전 | 1.64 | 1.74 | 1.95 | 1.93 | 0.90 | 1.00 | 1.00 | 1.17 | 1.01 | 1.77 | 1.75 | 1.57 | 1.79 | 1.39 |
| 울산 | 1.23 | 1.43 | 2.20 | 1.00 | 1.00 | 1.61 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.55 | 1.00 | 1.53 |
| 강원 | 1.70 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.43 | 1.54 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.93 | 1.00 | 1.67 |
| 충북 | 2.00 | 2.01 | 1.61 | 1.00 | 1.13 | 1.00 | 1.46 | 1.13 | 1.44 | 1.00 | 1.00 | 1.58 | 1.00 | 1.38 |
| 충남 | 1.16 | 1.35 | 1.65 | 1.70 | 0.98 | 1.00 | 1.00 | 1.42 | 1.07 | 1.73 | 1.64 | 1.85 | 1.50 | 1.16 |
| 전북 | 2.16 | 1.00 | 1.00 | 1.79 | 1.83 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.66 | 1.02 | 1.74 | 1.00 | 1.00 | 1.57 |
| 전남 | 1.89 | 1.00 | 1.00 | 1.15 | 2.03 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.80 | 1.94 | 1.22 | 1.00 | 2.16 | 1.66 |
| 경북 | 1.72 | 1.88 | 1.10 | 1.00 | 1.68 | 1.40 | 1.73 | 1.46 | 1.81 | 1.00 | 1.00 | 1.20 | 1.42 | 1.33 |
| 경남 | 1.79 | 1.10 | 1.44 | 1.00 | 2.40 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.75 | 1.00 | 2.17 | 1.53 | 1.13 | 1.26 |
| 계 | 1.24 | 1.53 | 1.34 | 1.65 | 1.42 | 1.45 | 1.58 | 1.39 | 1.20 | 1.56 | 1.49 | 1.36 | 1.25 | 1.33 |

- 전국 기준으로 일반철도의 AADT/AAWDT 계수는 1.10로 나타남
- 지역별로는 강원, 전남지역이 타 지역에 비해 높게, 충남지역이 낮게 나타남
- 충북→울산의 경우 1.77로 가장 높게 나타났으며, 대전→대전의 경우 0.97로 가장 낮게 나타남

<표 1- 36> 2014년 일반철도 AADT/AAWDT 계수

| 구분 | 수도권 | 부산 | 대구 | 광주 | 대전 | 울산 | 강원 | 충북 | 충남 | 전북 | 전남 | 경북 | 경남 | 계 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 0.98 | 1.07 | 1.20 | 1.25 | 1.19 | 1.20 | 1.19 | 1.29 | 1.07 | 1.25 | 1.12 | 1.22 | 1.16 | 1.07 |
| 부산 | 1.19 | 1.04 | 1.28 | 1.00 | 1.38 | 1.09 | 1.00 | 1.35 | 1.26 | 1.00 | 1.00 | 1.28 | 1.04 | 1.17 |
| 대구 | 1.28 | 1.28 | 1.00 | 1.00 | 1.42 | 1.31 | 1.00 | 1.22 | 1.28 | 1.00 | 1.00 | 1.04 | 1.13 | 1.12 |
| 광주 | 1.36 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.36 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.26 | 1.22 | 1.03 | 1.00 | 1.00 | 1.20 |
| 대전 | 1.19 | 1.23 | 1.30 | 1.29 | 0.97 | 1.00 | 1.00 | 1.05 | 1.00 | 1.25 | 1.26 | 1.18 | 1.24 | 1.12 |
| 울산 | 1.10 | 1.11 | 1.35 | 1.00 | 1.00 | 1.14 | 1.00 | 1.63 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.17 | 1.00 | 1.15 |
| 강원 | 1.21 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.13 | 1.18 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.39 | 1.00 | 1.21 |
| 충북 | 1.31 | 1.28 | 1.19 | 1.00 | 1.04 | 1.77 | 1.16 | 1.04 | 1.12 | 1.00 | 1.00 | 1.20 | 1.00 | 1.12 |
| 충남 | 1.04 | 1.12 | 1.17 | 1.20 | 0.99 | 1.00 | 1.00 | 1.13 | 1.01 | 1.22 | 1.16 | 1.24 | 1.13 | 1.04 |
| 전북 | 1.34 | 1.00 | 1.00 | 1.24 | 1.27 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.20 | 1.02 | 1.24 | 1.00 | 1.00 | 1.19 |
| 전남 | 1.26 | 1.00 | 1.00 | 1.04 | 1.37 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.24 | 1.31 | 1.08 | 1.00 | 1.46 | 1.21 |
| 경북 | 1.21 | 1.27 | 1.03 | 1.00 | 1.20 | 1.12 | 1.32 | 1.13 | 1.25 | 1.00 | 1.00 | 1.06 | 1.13 | 1.10 |
| 경남 | 1.17 | 1.04 | 1.16 | 1.00 | 1.38 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.22 | 1.00 | 1.43 | 1.17 | 1.02 | 1.08 |
| 계 | 1.07 | 1.15 | 1.11 | 1.19 | 1.13 | 1.13 | 1.18 | 1.12 | 1.06 | 1.18 | 1.15 | 1.11 | 1.07 | 1.10 |

<표 1- 37> 2014년 일반철도 주말/주중 계수

| 구분 | 수도권 | 부산 | 대구 | 광주 | 대전 | 울산 | 강원 | 충북 | 충남 | 전북 | 전남 | 경북 | 경남 | 계 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 수도권 | 0.95 | 1.23 | 1.63 | 1.78 | 1.60 | 1.60 | 1.58 | 1.91 | 1.21 | 1.76 | 1.37 | 1.68 | 1.49 | 1.21 |
| 부산 | 1.58 | 1.12 | 1.87 | 1.00 | 2.18 | 1.29 | 1.00 | 2.07 | 1.81 | 1.00 | 1.00 | 1.88 | 1.13 | 1.52 |
| 대구 | 1.86 | 1.87 | 1.00 | 1.00 | 2.31 | 1.94 | 1.00 | 1.69 | 1.86 | 1.00 | 1.00 | 1.13 | 1.41 | 1.36 |
| 광주 | 2.11 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 2.12 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.81 | 1.69 | 1.09 | 1.00 | 1.00 | 1.62 |
| 대전 | 1.58 | 1.71 | 1.93 | 1.89 | 0.90 | 1.00 | 1.00 | 1.16 | 1.00 | 1.76 | 1.80 | 1.55 | 1.73 | 1.37 |
| 울산 | 1.30 | 1.34 | 2.09 | 1.00 | 1.00 | 1.44 | 1.00 | 2.96 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.54 | 1.00 | 1.47 |
| 강원 | 1.66 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.39 | 1.55 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 2.19 | 1.00 | 1.65 |
| 충북 | 1.95 | 1.87 | 1.58 | 1.00 | 1.12 | 3.38 | 1.49 | 1.11 | 1.38 | 1.00 | 1.00 | 1.62 | 1.00 | 1.36 |
| 충남 | 1.12 | 1.36 | 1.52 | 1.60 | 0.97 | 1.00 | 1.00 | 1.41 | 1.05 | 1.68 | 1.49 | 1.75 | 1.40 | 1.13 |
| 전북 | 2.06 | 1.00 | 1.00 | 1.75 | 1.82 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.61 | 1.06 | 1.76 | 1.00 | 1.00 | 1.57 |
| 전남 | 1.79 | 1.00 | 1.00 | 1.14 | 2.13 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.74 | 1.95 | 1.26 | 1.00 | 2.43 | 1.66 |
| 경북 | 1.66 | 1.83 | 1.10 | 1.00 | 1.63 | 1.38 | 1.98 | 1.42 | 1.76 | 1.00 | 1.00 | 1.20 | 1.39 | 1.32 |
| 경남 | 1.54 | 1.13 | 1.49 | 1.00 | 2.19 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.67 | 1.00 | 2.33 | 1.54 | 1.05 | 1.24 |
| 계 | 1.22 | 1.47 | 1.33 | 1.59 | 1.39 | 1.39 | 1.56 | 1.36 | 1.18 | 1.54 | 1.47 | 1.35 | 1.21 | 1.31 |

제2장 첨단자료를 활용한 여객교통수요 신뢰도 개선방안 연구

제1절 과업의 개요

제2절 KTDB 교통수요 검증지점 재산정

제3절 KTDB OD 교통량 추정기법 고도화

제4절 KTDB 기종점 교통량 신뢰수준 분석

제5절 KTDB VDF 정산 현행화 및 일전환
계수 검토

제2장 첨단자료를 활용한 여객교통수요 신뢰도 개선방안 연구

제1절 과업의 개요

1. 과업의 개요

- 여객 교통수요는 투자 평가 및 교통 운영 전략 수립 등에서 가장 기본이 되는 자료로서 높은 정확성을 확보하여야 함
- 이러한 여객교통수요는 다양한 요인들이 상호 복합적으로 작용하여 영향을 미치므로, 단순히 전통적 4단계모형으로 설명하기에 한계가 존재하며 여객수요에 대한 개별 요인들에 대한 심도 있는 분석을 통해 보다 현실적인 여객 수요예측 방법을 연구할 필요성이 있음
- 이와 관련하여 최근 내비게이션 및 스마트폰 내비게이션의 보급 확대로 여객 교통 수요 부분에서 개별 통행자들의 행태와 통행궤적 자료를 활용할 수 있게 되었음
- 또한 빅데이터 처리 기술과 내비게이션 자료, TCS (Toll collection system)자료 등 교통관련 첨단자료 등 활용이 가능하여 기존 교통데이터의 단편적이고, 편향적인 한계를 극복할 수 있게 되었음
- 이러한 교통관련 첨단자료를 활용하여 자료 간 한계를 연계할 통해 수요 예측 방법에 합리적인 논리를 확보할 경우 신뢰성 있는 여객 교통 수요예측이 가능할 것으로 판단됨

2. 과업의 목표 및 범위

가. 과업의 목표

- 본 과업에서는 보다 현실적인 교통수요 예측 필요성을 인지하고, 교통관련 첨단자료를 활용하여 보다 신뢰성 있는 여객 교통수요를 예측하고자 함
- 본 연구진은 지난 KTDB 과업(2014)에서 교통관련 첨단자료를 활용하여 OD의 신뢰성을 검증하는 기초 연구를 수행한 바 있음

- 본 과업에서는 여객 교통수요를 추정하는 공간적 범위를 보다 확대하여 전국 내 지역 간 도로 교통망을 커버할 수 있는 Model을 개발할 계획이며, 검증과 보완을 통해 Model의 신뢰성을 확보하고자 함
- 또한, 2014년 과업에서는 검증의 대상인 통행 OD를 검토하는 방법론 개발에 초점을 맞춘 반면, 올해 과업에서는 작년에 개발된 이론적인 방법론의 실용화를 달성하고, KTDB OD 교통량 검증의 기준이 되는 관측교통량 조사지점 재선정에 중점을 두어 연구하고자 함

나. 과업의 범위

1) 공간적 범위

- 전국 내 지역 간 도로 교통망(고속도로+ 다차로도로)
- KTDB 네트워크와 내비게이션자료 중 차량 통행이 존재하는 도로 교통망을 기준으로 분석을 수행

2) 시간적 범위

- 분석의 시간적 범위: 2013 ~ 2014년 (내비게이션, KTDB등 분석 자료의 기준년도 적용)

3) 내용적 범위

- KTDB 신뢰도 개선을 위한 교통량 검증지점 선정 방안 연구
- 첨단자료를 활용한 기종점 통행량 검증 방안 연구
- KTDB VDF 정산 현행화 및 일전환계수 검토

제2절 KTDB 교통수요 검증지점 재선정

1. 수요분석 목적 교통수요 검증지점 선정 필요성

- 교통량 자료는 교통계획 및 공학 분야에서 광범위하게 사용되는 교통 분석의 기초자료임
- 교통 공학에서는 교통류 분석이나 교통 운영 전략의 개발과 정산 및 효과 검증 등 전 과정에 걸쳐 교통량 자료를 이용하여야 함
- 교통량 (교통류율)-밀도-속도 관계가 교통류 이론의 기초가 된다는 점에서, 이론적 측면에서나, 교통 운영 및 ITS (Intelligent Transportation System)과 같은 실무 활용에 있어 정확한 교통량의 조사와 DB (Database) 구축은 매우 중요함
- 그러나 교통량 자료가 보다 광범위하고 핵심적인 역할을 차지하는 분야는 교통계획 분야임
- 통행 수요의 예측이 주요 과제인 교통계획 분야에서는 수요의 총량을 확인할 수 있는 지점별 관측 교통량 자료가 예측 모형을 구축하고 검증(Validation) 하는데 있어 핵심적인 역할을 하게 됨
- 예를 들어 통행 수요 예측의 마지막 단계로서 교통 투자사업 타당성 분석의 핵심자료인 링크 교통량을 계산하는 통행배정 모형은 지점 관측 교통량을 통해 정산 (Calibration)되고 정확도를 검증받음
- 또 기존점 통행량의 추정이나 검증 과정에서도 지점 교통량 관측 자료를 이용하는데, 특히 코든(Cordon) 라인 및 스크린(Screen) 라인 교통량은 교통 계획 전반에 걸쳐 가장 중요한 기초 자료 중 하나임
- 현재 우리나라에서 가장 광범위하게 수행되는 교통량 조사는 국토부 주관으로 건설기술연구원을 통해 수행되는 수시·상시 교통량조사임
- 가장 최근에 발표된 수시·상시 교통량조사결과는 『2013 도로 교통량 통계연보, 국토교통부, 2014』를 통해 확인할 수 있으며, 조사에서 제시한 교통량 조사지점은 3,601(편도 7,202)지점이고, 이중 KTDB에서는 네트워크와 매칭(matching)단계에서 일부 비합리적인 지점을 제외한 편도 6,855개 지점을 사용하고 있음
- 교통량 조사를 수행하기 위해 다음 <표 2-1>과 같이 조사를 수행하며, AVC 장비 등을 통해 상시조사가 이루어지면 더욱 명확한 관측교통량을 산출 할 수 있으나 재원의 한계 상 다수의 구간을 수시조사로 수행하고 있음

- 이렇게 측정된 도로교통량은 일반적으로 현재 통행량 정산과 OD 검증에 활용되고 있으며, 검증의 기준(참값)으로 적용되기에 분석에 있어 매우 중요한 역할을 함

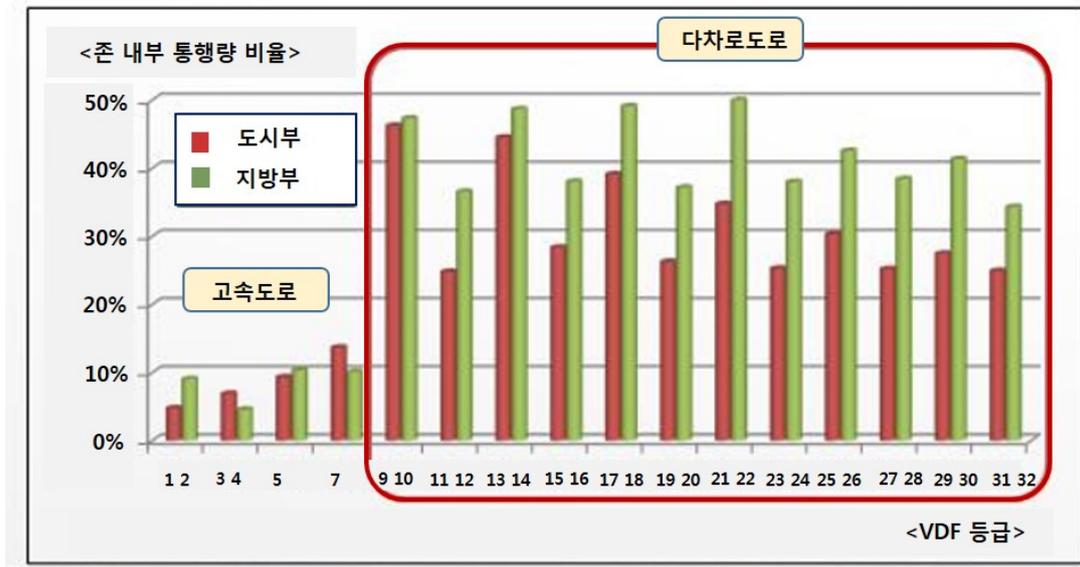
<표 2- 1> 교통량 조사 체계(조사 방법 및 일시)

| 구분 | | 조사방법 |
|-------------|-------|---|
| 고속국도 | 상시 조사 | - AVC 장비를 사용하여 365일, 1일 24시간 연속 조사 |
| | 수시 조사 | - 매년 10월 셋째주 목요일 (07:00~ 익일07:00)에 차종별, 방향별, 시간대별 교통량을 조사(AVC, VDS, TCS 이용한 조사와 CCTV를 통한 인력식 조사를 병행) |
| 일반국도 | 상시 조사 | - AVC 장비를 사용하여 365일, 1일 24시간 동안 연속조사 |
| | 수시 조사 | - 이동식 교통량 조사 장비를 사용하여 조사 지점별 연 1회 조사 - 일부조사지점에 한해 차종조사는 연1회 6시간(08:00~11:00, 15:00~18:00) 인력식 조사 |
| 국가지원지방도 지방도 | 수시 조사 | - 매년 10월 셋째 주 목요일 (07:00~익일07:00)에 조사원을 조사 지점에 배치하여 차종별, 방향별, 시간대별 교통량을 조사함 해당 도로를 관리하는 지방자치단체 주관으로 조사를 실시 |

출처: 『2013 도로 교통량 통계연보, 국토교통부, 2014』

- 교통계획의 관점에서 가장 이상적인 교통량 조사는 교통망의 모든 링크에 대해 상시 조사가 이루어지는 것이나, 자원의 한계 때문에 이는 불가능함
- 현재 수시·상시 교통량조사 지점의 경우 KTDB 지역 간 교통망을 기준으로 총 77,691개의 링크 중 6,885지점의 링크에 대해 조사가 이루어지고 있기 때문에 조사비율은 약 8.86%임
- 한정된 예산에 따라 현재 일부 링크에서만 교통량 조사가 이루어지고 있기 때문에 현재 조사지점이 교통 계획적 측면에서 가장 조사가 필요한 지점을 중심으로 선정되어 있어야 하나 현재 조사지점은 도로의 위계를 중심으로 선정되어 있어 교통 계획 분석에서 활용하는데 최적 위치에서 조사가 이루어지고 있지 않은 문제가 있음
- 과거 OD estimation 연구에서 기종점 통행량 추정을 위한 교통량 조사 지점 선정 기준에 대한 연구가 수행된 바 있으나, 이러한 연구들을 기초로 실제 전 국토에 대한 조사지점 선정이나 평가 작업이 수행된 예는 없음
- 현재 수시·상시 교통량조사지점 6,885개 지점의 교통계획 수요검증 적합성 여부는 2013년, 2014년 교통연구원에서 수행된 내비게이션 자료를 이용한 통행패턴 분석 과정에서 일부 확인된 바가 있음

- <그림 2- 1>는 전체 6,885지점을 도로 등급별로 구분하여 평균 존 내부 통행량 비율을 계산한 것임



<그림 2- 1> 내비게이션 자료로 추정된 지점별 도로 등급별 존 내부 통행량 비율

- 존 내부통행량과 관련해 가장 뚜렷하게 나타나는 특징은 다차로 도로에서는 도시부에 비하여 지방부 도로가 모든 도로 등급에서 존 내부 통행량이 높게 나타남
- 개별 도로별로 보면 다차로 1차로 도로에서 존 내부 통행비율이 높게 관측되었으며, 특히 1차로 지방부 도로 (VDF 10,14,18,22)의 경우 존 내부 통행량 비율이 약 40~ 50%에 달하고 있음
- 전체 지점 기준으로 존 내부통행량이 30% 이상인 지점은 약 28%(총 지점수(6,818)에서 내부 통행량이 높아 제외한 지점(1,850)을 비율 값)로서 특히 다차로 하위도로에서 존 내부통행량이 매우 높으며, 이 지점들의 경우 평균 통행거리도 짧아 지역 간 통행수요 검증에는 부적합한 지점이라 할 수 있음
- 존 내부 통행량이 높은 경우 기존점 통행량으로 설명되지 않는 존 내부통행량이 다수 포함되어 있는 지점임을 의미하는 것으로, 이러한 지점들은 통행수요 분석 및 검증 지점으로는 적합하지 않음
- 따라서 교통 수요 검증을 위해서는 존 내부통행량이 포함되지 않는 코든라인 지점들에 대한 교통량 조사가 최대한 이루어져야하며, 이를 보완하는 스크린라인 조사도 최대한 많은 지점에서 수행되어야 함

- 또 비용의 문제로 모든 코든 및 스크린 라인에 대한 통과 교통량 조사가 이루어지지 못하는 경우, 최대한 많은 기종점 쌍과 기종점 교통량을 조사할 수 있는 지점에 대한 조사가 필요하고, 조사 지점간의 중복 조사를 피할 수 있는 조사지점 선정이 이루어져야함
- 따라서 교통 계획적 측면에서 교통 수요 분석 및 검증을 위한 조사지점 선정 문제는 여러 가지 측면을 고려하고 비용 제약 하에 있는 복잡한 문제임
- 하지만, 교통량 조사지점의 중요성과 파급효과에 비해 이와 관련된 연구는 미비한 편이며, 중요성에 대한 인식이 낮은 편임
- 국내의 예를 보면 건설기술연구원에서 수행하고 있는 교통량 조사의 지점 선정 방법은 다음과 같음
- 1) 고속도로의 경우 고속국도의 IC와 JC 사이 구간 내에 선정 2) 일반국도의 경우 시도 이상의 교차점과 교차점 사이 구간 내에 선정하며, 이 구간에 상시조사 장비가 설치되어있을 경우 수시조사 지점에서 제외 3) 지방도의 경우 지방도와 지방도가 만나는 교차점, 지방도와 일반국도가 만나는 교차점 사이의 구간 내에 선정함
- 위의 예에서 보는 바와 같이 도로의 등급을 통해 조사 지점을 선정하는 방식을 이용하고 있으나, 교통량의 총량을 보존해 자료를 수집하는데 초점을 맞추고 있을 뿐 전체 국토의 도로 망에서 발생하는 통행패턴을 확인하는데 필요한 고려사항은 포함되어 있지 않음
- 특히 연속류 상위도로와 단속류 하위도로에 대해 동일한 지점선정 논리가 적용되고 있어 존 내부 통행량이나 통행거리 및 통과 기종점 수나 교통량 총량 등 기존 연구에서 중요한 지점 선정 기준으로 제시된 내용들이 고려되지 않은 한계가 있음
- 또 과거 OD 교통량 추정 관련 연구에서 확인된바와 같이 조사 교통량에 오차가 포함되어 있거나 조사 일시가 다를 경우와 같이 지점 교통량 간 일관성이 낮은 경우 조사 지점이 늘어난다고 해서 수요 검증의 정확성이 향상되지는 않는 문제가 있음
- 그밖에 상호 종속성이 큰 지점들이 포함되어 있는 경우 수요 검증 정확성이 오히려 악화되는 문제 등이 있어 불필요한 조사지점들을 제외하는 것도 수요검증을 교통량 조사지점 선정에서 필요함
- 과거 VDF 정산 관련 분석을 통해 개별 교통량 조사지점들을 확인한 결과 지역 간 통행수요 검증이나 교통망 정산에 적합하지 않은 지점들이 다수 포함되어 있으며, 반대로 정산이나 검증에 반드시 필요한 링크들의 교통량이 조사되고 있지 않은 경우를 확인하였음

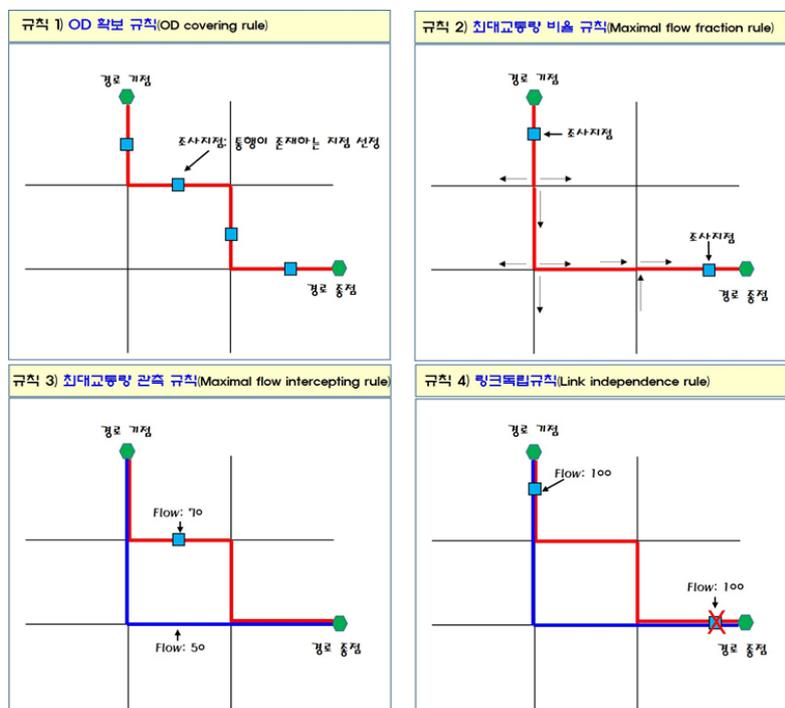
- 향후 교통수요 분석의 신뢰도 향상을 위해서는 조사가 필요 없거나 내부 통행량이 과도한 조사지점들은 제외할 수 있고, 코든라인 이나 스크린라인 상에 존재하는 링크들은 최대한 교통량 조사지점으로 추가되어야 함
- 이에 따라 본 연구에서는 현재 관측되고 있는 교통량 관측지점의 현황을 검토하고, 현 상황에 대한 문제점을 검토하고 단점을 보완하여 교통수요 검증을 위한 교통량 조사지점을 선정하는 이론을 정립하고 이를 기초로 KTDB 수요 검증용 교통량 조사지점을 재선정 하고자 함

2. 수요분석 목적 교통량 조사지점 선정 이론 검토

- KTDB 교통수요부문의 신뢰도 향상을 위한 교통량 조사지점 재선정 문제에서 핵심 과제는 조사지점의 총 개수와 위치를 결정하는 것임
- 현재 수시·상시 교통량조사 지점의 선정 원리에서는 도로의 등급만을 고려해 교차점에서의 상하류 교통량의 총량 보전에 초점을 맞춘 지점 선정이 이루어지고 있음
- 그러나 교통 계획 목적의 조사 지점 선정을 위해서는 코든이나 스크린 라인과 같이 존 내부 통행량이 포함되지 않는 지점, 그리고 존 내부에서도 통행 배분의 정확도를 검증할 수 있도록 최대한 많은 기종점 쌍과 기종점 교통량이 포착될 수 있는 지점이 선정되어야 함
- 따라서 현재의 수시·상시 교통량조사는 교통 계획에서 필요한 지점에서의 조사가 이루어지고 있지 않으며, 몇 개 지점에서의 조사가 필요한지에 대한 가이드라인도 제시하고 있지 않음
- 본 연구에서는 이러한 문제와 관련하여 국내외 관련연구들을 우선 검토하여 교통수요 분석을 위한 교통량 조사지점 이론을 정리하였음
- 교통 조사지점 선정과 관련된 선행 연구들은 최적 관측위치와 적정 관측지점 개수 연구, 모형을 통한 관측교통량과 통행 OD 정확도간 관계 분석, OD 추정을 위한 코든라인과 스크린 라인 선정 방안에 대한 연구들이 선행되었음
- 이중 먼저 본 연구의 기본 전제인 기종점 교통량을 관측 링크 교통량을 통해 검증해야 한다는 주장은 여러 연구를 통해 확인할 수 있음
- 국내 연구인 김익기 외(2007) 의하면 KTDB와 같은 대부분의 기종점 교통량 구축 연구의 경우 표본조사를 기초로 전수화 OD 및 P/A 통행량을 추정하므로 항상 표본 오차가 발생할 수 있다고 주장하였음

- 따라서, 표본조사를 기반으로 추정된 KTDB OD 와 같은 전수화 OD 통행량은 링크 관측 교통량과 같이 전수 조사된 관측 자료와의 비교 검증 및 수정하는 과정이 필요하다고 밝힘
- 한 걸음 더 나아가 지점 선정과 관련된 국내의 대표적 연구인 이승재 외(2003)에 의하면 교통량 관측지점의 위치와 개수에 따라 OD 추정이 변하기 때문에 관측지점의 적절한 위치와 지점수를 산정하는 연구가 필요하다고 주장하였음
- 현재 수시·상시 교통량조사에서도 다수의 관측지점에서 교통량을 조사하고 있으나, 조사되는 지점이 인접 존에서 발생하는 통행에 대한 대표적인 경로를 모두 설명할 수 있는지, 불필요한 지점을 포함하고 있어 현실적인 통행패턴을 나타내는데 미흡하지 않는지를 검토하지는 못하고 있음
- 이와 관련해 이승재 외(2003)는 링크 상에 관측되는 모든 정보는 같은 양의 정보를 갖고 있지 않으며, 어떤 관측지점의 교통량 자료의 경우 OD 교통량을 검증하는데 유용한 정보를 제공하지 못할 수 있다고 주장함
- 즉, 교통량 관측지점을 무작정 증가시킨다고 해서 추정 OD의 정확성이 향상되거나 관측오차의 감소가 보장되지 않는다는 분석 결과를 제시하였음
- KTDB 교통량 관측 지점의 경우 존 내부통행량 비율이 높은 경우가 있는데 지역 간 OD 교통량은 존 내부 교통량을 포함하고 있지 않으므로 존 내부 교통량 구성비가 높은 관측 지점이 OD 검증에 사용될 경우 검증 오류가 증가할 가능성이 있음
- 이러한 관측지점의 특성을 고려할 때 기종점 통행수요 검증에 있어서도 관측 지점의 숫자를 늘린다고 해서 검증 신뢰도가 무조건 증가할 것이라 기대할 수 없으며 적절한 지점의 선정이 매우 중요할 것으로 판단됨
- 또한 지역 별 도로 등급별 비율과 관측 조사 지점 개수가 모두 다를 것이며, 특정 지역에 편중되지는 않았는지 연구해 볼 필요성이 있음
- 국내 연구들에서 확인할 수 있듯이 이러한 필요성에 의해 OD 통행자료와 관측교통량과 검증이 필요하며, 더불어 교통량 검지지점에 대한 신뢰성 검증이 필요함
- 국외에서 시행된 교통조사지점의 선정에 관한 연구는 Yang et al.(1998)은 대표적임
- 이 논문은 관련 연구의 선도적인 역할을 한 연구이며, 연구내용으로는 최대 가능 상대 에러에 근거하여 링크교통량 관측위치에 관한 4가지 규칙을 제시하였고, 이러한 규칙을 만족하는 링크를 결정하기 위해 정수계획모형과 휴리스틱 알고리즘을 제시한 바 있음
- Yang et al.(1998)이 제시한 4가지 규칙은 다음과 같음

- 1) OD 확보 규칙(OD covering rule): 통행검지지점은 가능한 모든 OD쌍의 통행이 한번 이상은 관측되도록 지정되어야 함. 2) 최대교통량비율 규칙(Maximal flow fraction rule): 통행검지지점은 링크상의 통행량에서 특정 OD 통행량 부분이 가능한 큰 지점에 위치하여야 함. 3) 최대교통량관측 규칙(Maximal flow-intercepting rule): 선택된 링크들은 가능한 많은 통행량을 획득하여야 함. 4) 링크독립규칙(Link independence rule): 교통량검지지점은 교통류와 선형적으로 독립된 링크가 선택되어야 함.
- 이와 관련해 앞서 인용한 이승재 외(2003)의 연구에서는 기종점 교통수요를 추정하기 위해 교통수요 추정의 정확도에 직접적으로 영향을 미치는 교통량 관측지점의 적정위치와 지점수를 선정하였으며, 대안별 교통량 관측위치와 개수를 달리하여 통계적인 평가지표를 이용하여 사전 OD와 추정 OD간의 오차를 평가하였음.
- 또한 연구에서 관측지점 선정 방안으로 1) OD표를 이용한 관측지점 선정 2) 주행 대·km를 이용한 관측지점 선정 3) 교통량밀도를 이용한 관측지점 선정 4) OD표를 이용한 관측지점 선정결과와 주행 대·km를 이용한 관측지점 선정 [1+2] 5) OD표를 이용한 결과와 대·km 이용 결과와 교통량 밀도를 이용한 결과 [1+2+3] 6) 교통량 통계연보 상 교통량 관측지점으로 지정된 지점 중 이용 가능한 모든 지점을 선정 등 6개 대안을 연구하였음
- 연구 결과 6개 대안 중 6번째 대안 (교통량 관측지점)을 무작위로 선정하여 검증하였을 때 다른 대안과 비교하여 링크의 종속성 및 불일치 문제로 좋지 않은 결과가 도출되었음.



<그림 2- 2> 최적 관측위치 지정 규칙(Yang et al, 1998)

- 연구 결과를 통해 관측교통량을 통해 사전(prior) OD를 갱신 할 때 중요한 것은 사전 OD의 통행패턴을 크게 변화시키지 않고 추정하는 것인데 여기에 영향을 미치는 요인은 관측 교통량이며 관측지점의 위치와 개수를 고려하여 사전 OD를 추정하는 것이 가장 중요한 요인이라 제안하였음
- 그리고 관측지점을 선정할 때 단순히 지점의 위치를 선정하기보다 현재 교통패턴을 잘 나타낼 수 있는 요인들을 고려하여 지점을 선정할 필요성이 있는 것으로 판단됨
- 백승걸 외(1998)은 교통량 조사 관측 위치와 수에 따라 기종점 수요 추정력이 달라지기 때문에 가급적 추정력을 높이고 관측비용을 줄이는 관측위치를 모색하여야 하며, 이러한 위치를 링크교통량에 대한 최적관측위치라 하였음
- 이 연구에서 최적 관측위치를 추정하기 위해 각 단위 존(unit zone)을 둘러싼 코든라인을 설정하고 코든라인에 걸치는 링크에서 교통량을 관측하는 방안을 적용하였음
- 연구 결과 존 코든라인의 링크교통량은 Yang et al(1998)의 링크 관측 위치 규칙 4가지를 모두 만족하였으며, 존 코든라인 관측교통량을 이용한 OD 추정이 에러가 가장 작은 것으로 분석되었음
- 김익기 외(2007)는 가구통행조사를 통한 OD 조사는 표본조사와 전수화 과정에서 발생할 수 있는 오차를 가능한 최소화하기 위해 관측교통량과 전수화 자료를 비교 검증하고 수정하는 과정이 필요하다고 언급하였음
- 검증의 방안으로는 다수의 스크린라인 선상의 관측교통량과 표본조사자료를 기반으로 추정된 전수화 OD 통행을 비교·검증하고 수정하는 방안을 제안하였으며, 스크린라인으로 검증이 되지 않는 OD 쌍에 대해서는 노선배정분석 결과와 관측링크 교통량을 비교하여 수정 방안을 제안하였음
- 그리고, 스크린라인 교통량 조사는 기본적으로 연구대상지역을 두 지역으로 구분하여 두 지역 간에 오고가는 총 교통량을 파악하기 위한 것임
- 즉, 전수화 O/D에 의해 추정된 두 지역 간의 총 통행량과 스크린라인에서 관측된 총 교통량을 비교함으로써 총량적 규모를 비교 검증하게 됨
- 따라서 스크린라인에 걸치는 도로에 대해서는 교통량이 모두 전수 조사되어야 한다는 것이 이론적 원칙이며, 교통존 내 통행보다는 교통존간 통행이 주로 많이 이용하는 등급의 도로가 분석의 대상 링크가 되는 것이 바람직하다고 제안하였음
- Yang et al.(2001)은 OD행렬 추정을 위한 코든-스크린라인의 최적위치를 결정하기 위해 두 가지 정수계획모형을 제시하였으며, 연구 내용은 다음과 같음

- 1) 예산 제약에 따라 주어진 조사지점개수 내에서 가능한 한 많은 OD쌍을 분리 검지하기 위한 지점의 최적 위치를 결정 방법론을 개발, 2) 모든 OD쌍을 분리하기 위한 조사지점의 최소개수와 위치를 결정하는 연구임
- 이 연구에서는 이 두 모형에 대해 유전자 알고리즘을 이용한 풀이방법을 제시하였고, 연구에서 제시한 모형들의 주요 특징으로 1) OD 추정을 위해 필요한 정보를 확보하지 못하는 O/D쌍이 존재할 수 있다는 것, 2) 관측 지점 조사 예산제약을 고려하였다는 점임.
- 이와 같은 모형의 특징에서 문제가 되는 것은 비용의 제약 때문에 목적함수를 최대화하더라도 확보되지 못하는 O/D쌍이 존재하게 되어 그 O/D 통행량은 업데이트 될 수 없다는 점임
- 본 연구에서는 참고 문헌에서 제시된 OD 추정을 위한 교통량 조사지점 선정 기준들과 KTDB의 도로 등급 및 내비게이션 자료 궤적 분석등을 함께 고려하여 지역 간 통행 수요 검증에 적합한 교통량 조사 지점들을 선정할 것임

3. 수요분석 목적 교통량 조사지점 선정 방법론

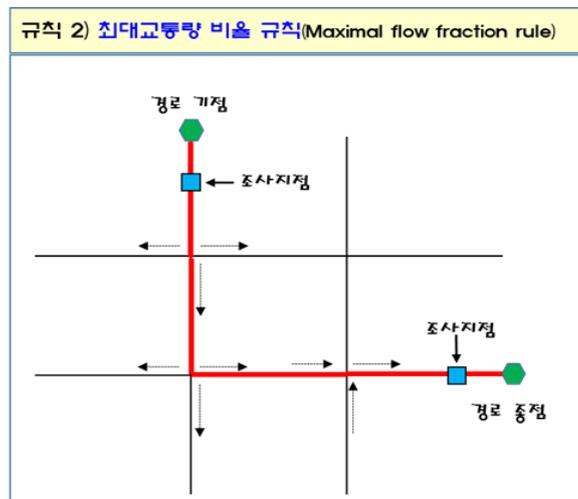
- 교통량 검지지점은 OD 추정 값에 대해 검증기준으로 활용할 수 있으며, 기준은 참값으로 인정할 수 있도록 합리적이고 신뢰성 있는 값을 도출해야함
- 이를 위해 본 과업에서는 명확한 기준을 통해 기종점 통행수요 검증을 위한 교통량 조사 지점의 적정성을 검토하고, 재선정할 것임
- 2014년 과업에서는 KTDB 승용차 OD를 내비게이션 데이터, 고속도로 TCS 자료, 링크 관측 교통량 등을 활용하여 OD의 신뢰성을 검증하는 기초 연구를 수행한 바 있음
- 이때 2014년 과업에서는 검증의 대상인 통행 OD를 검토하는 방법론 개발에 초점을 맞춘 반면, 올해 과업에서는 작년에 개발된 이론적인 방법론의 실용화를 달성하고, KTDB OD 교통량 검증의 기준이 되는 관측교통량 조사지점 재선정에 중점을 두어 연구하고자 함
- 교통량 조사지점 선정 문제의 경우 앞서 살펴본바와 같이 교통 수요분석을 위한 조사지점 선정에서는 다양한 기준들이 고려되어야 함
- 그 중에서도 가장 중요한 기준들을 본 연구에서는 다음과 같이 설정하였음
- 1) 코든과 스크린 라인을 통과하는 링크에 대해서는 최대한 교통량 조사가 이루어져야 함
- 코든 라인의 경우 존 내부 통행량이 포함되어 있지 않으므로 통과 교통량에 대한 고려가 기본적으로 필요 없고, 스크린 라인의 경우 위치에 따라 존 내부를 횡단할 경우 존 내부통행량을

포함하는 지점이 존재할 수 있으나, 현재 우리나라의 2+1 스크린라인의 경우 시군구 존 경계를 따라 설정되어 있어 존 내부 통행량은 포함되지 않음

- 따라서 코든 라인을 통과하는 모든 지점들에 대하여 교통량 조사가 이루어질 경우 현재 우리나라의 발생 및 도착 교통량 검증에 필요한 자료는 완전하게 구축될 수 있음
- 그러나 현실적으로 비용 상의 문제로 스크린라인과 코든라인을 통과하는 도로상에서 조사가 이루어지기는 어렵기 때문에 차선택으로 나머지 조사지점들에 대한 우선순위가 평가되어야 하는데 이를 위한 기준은 아래와 같음
- 2) 최대한 많은 기종점교통량이 통과하는 지점들이 선정되어야 함
- 코든 과 스크린라인의 교통량이 모두 포착될 수 없다면 최대한의 존 유출입 교통량이 포착될 수 있는 지점에서 교통량 조사가 이루어져야 함
- 이때 최대한의 교통량 조사가 이루어지는 지점이 반드시 코든 이나 스크린라인일 필요는 없으며, 존 내부의 경우에도 기종점 통행량 총량 포착을 위해서라면 대규모의 교통량이 통과하는 지점이 선정될 수 있음
- 코든라인 전체에 대한 조사가 이루어지지 않은 상황에서 교통량의 상대적인 비교가 불가능하기 때문에 교통량이 최대한 많이 포착되는 지점을 비교해 선정하는 것은 불가능하며, 이를 위해 자동차 내비게이션 자료와 차로수 등을 활용할 수 있음
- 단 이때 해당 지점의 존 내부교통량은 일정 수준 이하이거나, 신뢰성 있는 자료를 통해 존 내부교통량의 비율을 확인할 수 있는 지점이어야 함
- 3) 최대한 많은 기종점 쌍이 통과하는 지점들이 선정되어야 함
- 수요검증의 목적상 통행 패턴의 확인이 가능한 지점 중심으로 조사 지점들이 선정되어야 하는데 이를 위해서는 Yang et al. (1998)이나 백승걸 등 (1998)에서 밝힌바와 같이 기종점쌍이 최대한 많이 통과하는 지점들을 교통량 조사지점으로 선정해야 함
- 다만 이 기준의 경우 조사지점이 특정 기종점 쌍의 교통량의 비율이 최대한 많이 포함하고 있으면 우선 선정되어야 한다는 Yang의 두 번째 규칙과는 상충하는 내용이 될 수 있음
- 한 지점을 통과하는 기종점 쌍의 숫자가 많으면 하나의 기종점쌍이 전체 통과 교통량중 차지하는 비율은 낮아지기 때문에 본 과제에서 선정한 세 번째 규칙과 Yang의 두 번째 규칙간의 상충이 발생하는 것임
- 이러한 차이가 발생하는 이유는 Yang이 분석에 사용한 교통망은 소형교통망이었기 때문에 특정 기종점의 교통량 중 매우 높은 비율이 통과하는 조사지점이 존재할 수 있으나, 현실의

지역 간 교통망의 경우 전체 기종점 쌍의 숫자가 수만에서 수십만에 이르기 때문에 하나의 조사지점에서 전체 기종점 통행량 중 매우 높은 비율을 포착할 수 있는 지점이 거의 존재하기 어려움

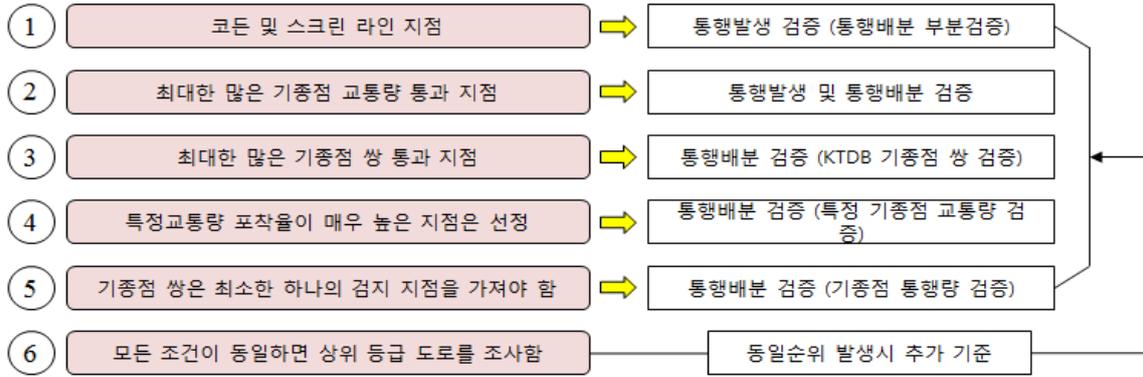
- 이러한 지점들은 주로 특정 기종점 쌍 간의 통행량 비중이 매우 높고 이러한 통행량이 이용하는 경로가 매우 숫자가 제한적인 경우 해당 경로 상에서 조사가 이루어질 때 가능함
- 따라서 기종점 쌍의 숫자가 대규모이고 하나의 기종점쌍이 이용하는 경로가 많은 대형 교통망에서는 Yang의 두 번째 규칙은 실효성이 없을 것이라 판단하여, 대신 최대한 다양한 기종점쌍의 통행패턴을 확인하기 위해 상충되는 측면이 있으나 최대한 많은 기종점 쌍들이 통과하는 지점들을 우선 선정하도록 함
- 그러나 분석 결과 특정 기종점 쌍의 교통량 중 매우 많은 교통량 비율이 통과하고 해당 기종점쌍이 매우 중요한 기종점쌍이라면 해당 지점을 조사지점으로 추가할 수 있음
- 현재 기종점 쌍 통과와 관련된 자료를 이용할 수 있는 것은 자동차 내비게이션 자료를 통해 구축된 KTDB 내비게이션 DB가 있으며, 본 연구에서는 이 자료를 활용할 것 임



<그림 2- 3> Yang의 제 2규칙

- 4) 모든 기종점 쌍에 대해 최소한 하나의 경로가 교통량 조사지점에 의하여 포착되어야 함
- 이 기준은 기종점 통행량 검증을 위한 교통량 조사지점의 필요조건 중 하나로서, 만약 교통량 조사지점 어디에서도 특정 기종점 쌍 간의 교통량이 포착되지 않는다면 검증이 불가능하기 때문에 필요한 조건임
- 이 조건 역시 내비게이션 자료 분석을 통해 내비게이션 표본 교통량이 존재하는 모든 기종점과 조사지점들에 대하여 분석이 가능함

- 그러나 내비게이션 표본의 숫자가 극히 적은 기종점 쌍이나 KTDB 기종점 교통량이 미미한 기종점 쌍의 경우 고려대상에서 제외할 수 있어, 어느 수준의 표본 교통량과 KTDB 기종점 교통량을 기준으로 이 조건을 적용할 것인가에 대한 분석이 필요함



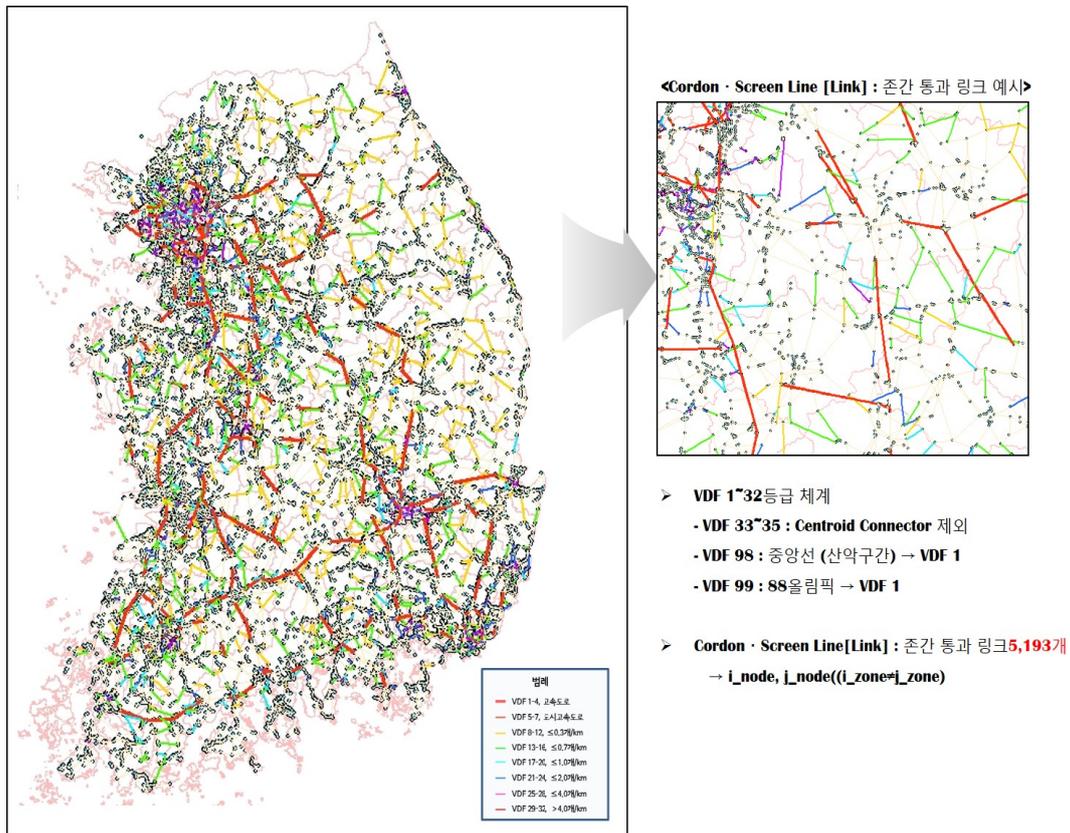
<그림 2- 4> 교통량 조사지점 선정 기준 개념도

- 설명한 바와 같이 교통량 조사 지점의 선정을 위해 본 연구에서는 기존의 연구에서 사용된 모형을 통한 경로 분석이나 통행배정 기법 등을 최대한 배제하고 실제 자료들을 이용한 지점 선정 방법론을 개발하는데 목표를 둠
- 기존에 기종점과 조사지점간의 관계 분석을 위해 최단경로 알고리즘이나 통행배정 기법 등을 이용하던 것을 본 연구에서는 내비게이션 자료 분석을 통해 수행하였음
- 즉, 최대한 많은 기종점 쌍을 포착하고 최대한 많은 교통량을 포착하기 위해서는 기종점간의 경로기반 분석이 필요한데, 기존 연구들에서는 이를 통행배정 모형에 의한 분석이나 최단경로알고리즘을 사용하는 방식으로 처리함
- 그러나 최근 내비게이션 자료 분석 등에서 확인할 수 있듯이 동일한 기종점간에도 매우 다양한 경로들이 이용되고 있어 최단경로 알고리즘이나 통행배정 모형을 통한 분석은 정확도에 한계가 있음
- 본 연구에서는 내비게이션 자료를 이용한 기종점-링크 분석 기술을 통해 기종점 쌍 및 교통량 통과량을 각 지점별로 분석해 교통량 조사 지점 선정에 반영하였음
- 5) 위의 여러 조건 외에 고려할 수 있는 것은 도로 등급임
- 지역 간 기종점 통행량은 주로 상위 등급 도로를 이용할 가능성이 높기 때문에 다른 조건이 유사한 경우 상위 등급의 도로를 최대한 조사 대상에 많이 포함시키는 것이 바람직 함
- 따라서 본 연구에서는 도로 등급에 대한 지점 분석을 시행하여 그 결과를 지점 선정의 보조 기준으로 적용할 것임

4. 수시·상시 교통량 조사지점 적합성 현황 분석

가. 수시·상시 교통량 조사지점 현황 분석 (Lv.5 네트워크 기준)

- 앞서 교통수요를 검증하기 위한 지점 선정의 기준에 대하여 설명하였으나 이를 통한 새로운 검증 지점의 선정 이전에 현재 교통량이 조사되고 있는 수시·상시 교통량 지점에 대한 현황 분석이 선행되어야 함
- 이를 위해 먼저 현재 KTDB 지역 간 교통망의 시군구 존 체계 하에서 결정되는 코든라인 및 스크린라인 교통량 조사지점을 총 32개 도로 등급별로 <그림 2- 5>와 같이 GIS에서 전수 확인함



<그림 2- 5> 도로 등급을 고려한 코든 라인 교통량 조사지점 선정

- 도로 등급별로 분석해보면 <표 2- 2>와 같이 코든·스크린라인을 통과하는 도로 지점 수는 총 5,193개이며, 이중 가장 숫자가 많은 도로 등급은 총 679개 지점(13.1%)이 존재하는 다 차로 5등급 2차로 이상 도시부 도로였음

- 그 다음으로 많은 비율을 차지하는 도로들 역시 다차로 6등급 2차로이상 도시부도로 (594개, 11.4%)와 다차로 4등급 2차로이상 도시부도로 (480개, 9.2%)로 나타나 다차로 하위등급의 도시부 도로들이 코든·스크린라인의 다수를 차지하는 것으로 분석되었음

<표 2- 2> 도로 등급 별 코든·스크린라인 개수 확인

| VDF | 도로속성 | | | | 코든·스크린라인 | | |
|-----|---------|----------------|--------|----------|----------|--------|--|
| | 도로 유형 | 신호등밀도 (개/km) | 차로수 | 도시부/ 지방부 | 개수 | 비율% | |
| 1 | 고속 도로 | 연속류 (신호등밀도=0) | 2차로 이하 | 도시부 | 201 | 3.9% | |
| 2 | | | | 지방부 | 99 | 1.9% | |
| 3 | | | 3차로 이상 | 도시부 | 194 | 3.7% | |
| 4 | | | | 지방부 | 5 | 0.1% | |
| 5 | 도시 고속도로 | | 2차로 이하 | 도시부 | 35 | 0.7% | |
| 7 | | | 3차로 이상 | | 62 | 1.2% | |
| 9 | 다차로 도로 | ≤ 0.3 | 1차로 | 도시부 | 278 | 5.4% | |
| 10 | | | | 지방부 | 309 | 6.0% | |
| 11 | | | 2차로 이상 | 도시부 | 52 | 1.0% | |
| 12 | | | | 지방부 | 20 | 0.4% | |
| 13 | | ≤ 0.7 | 1차로 | 도시부 | 394 | 7.6% | |
| 14 | | | | 지방부 | 357 | 6.9% | |
| 15 | | | 2차로 이상 | 도시부 | 236 | 4.5% | |
| 16 | | | | 지방부 | 69 | 1.3% | |
| 17 | | ≤ 1.0 | 1차로 | 도시부 | 128 | 2.5% | |
| 18 | | | | 지방부 | 102 | 2.0% | |
| 19 | | | 2차로 이상 | 도시부 | 176 | 3.4% | |
| 20 | | | | 지방부 | 34 | 0.7% | |
| 21 | | ≤ 2.0 | 1차로 | 도시부 | 149 | 2.9% | |
| 22 | | | | 지방부 | 86 | 1.7% | |
| 23 | | | 2차로 이상 | 도시부 | 480 | 9.2% | |
| 24 | | | | 지방부 | 51 | 1.0% | |
| 25 | | ≤ 4.0 | 1차로 | 도시부 | 123 | 2.4% | |
| 26 | | | | 지방부 | 28 | 0.5% | |
| 27 | | | 2차로 이상 | 도시부 | 679 | 13.1% | |
| 28 | | | | 지방부 | 34 | 0.7% | |
| 29 | | > 4.0 | 1차로 | 도시부 | 177 | 3.4% | |
| 30 | | | | 지방부 | 23 | 0.4% | |
| 31 | | | 2차로 이상 | 도시부 | 594 | 11.4% | |
| 32 | | | | 지방부 | 18 | 0.3% | |
| 합계 | | | | | 5,193 | 100.0% | |

- 현황분석에서 코든 및 스크린라인 도로 통과지점을 분석한 결과 전체 필요조사지점에서 도시부 도로의 비율이 매우 높다는 사실을 확인하였음
- 그밖에 다차로 하위등급 1차로 도로와 같이 지역 간 교통량 분담율이 미미할 것으로 예상되는 지점들도 다수 포함되어 있으므로 이들을 합리적으로 제외할 수 있는 방법론을 개발한다면 존 유출입 교통량 포착 손실을 최소화라는 교통량 조사지점 선정이 가능할 것임
- 본 과제를 수행하게 될 경우 스크린라인 도로 통과 지점까지 함께 분석해 국내 시군구 존 체계 하에서의 교통량 조사 수요 지점을 확인하고 이를 DB화 할 수 있을 것으로 기대됨
- 그런데 현재의 수시 및 상시 교통량 지점 들 중 많은 숫자는 코든이나 스크린라인에 위치하지 않고 존 내부에 위치하는데 이들 중 교통량이 매우 많은 지점이나 통과 기종점쌍 숫자가 매우 많은 지점, 특정 기종점 쌍의 교통량이 해당 지점이 아니면 포착되지 않는 경우나 도로 등급이 상위 등급으로서 중요한 경우에는 이를 선정해야할 필요가 있음
- 다만 선행연구들이 지적한바와 같이 교통량 조사지점이 늘어난다고 해서 OD 추정의 정확도가 높아지는 것은 아니기 때문에 현재 코든 및 스크린라인에 위치하지 않은 수시·상시 교통량 지점의 경우 엄격한 우선 순위에 의해 선정되어야 함
- 특히 존 내부 통행량 비율이 높거나 도로 등급이 낮아 지역 간 통행에서 많이 이용되지 않는 도로들은 지역 간 OD 검증에는 적합하지 않음
- 코든 및 스크린라인 지점의 확인 후 다음 단계는 현재의 수시·상시 교통량 지점 조사지점의 적합성 여부를 확인하는 것임
- 먼저 적합성 여부에 앞서 조사지점들이 어떻게 공간적으로 분포하여 있는지에 대한 현황 분석을 실시하였음
- 이를 위해 건설기술연구원의 교통량 조사지점 중 KTDB 네트워크와 매칭 중 불명확하거나 비합리적인 지점을 제외하고, 6,855개 지점을 <표 2-3>과 같이 총 32개 도로 등급별로 검토 하였음

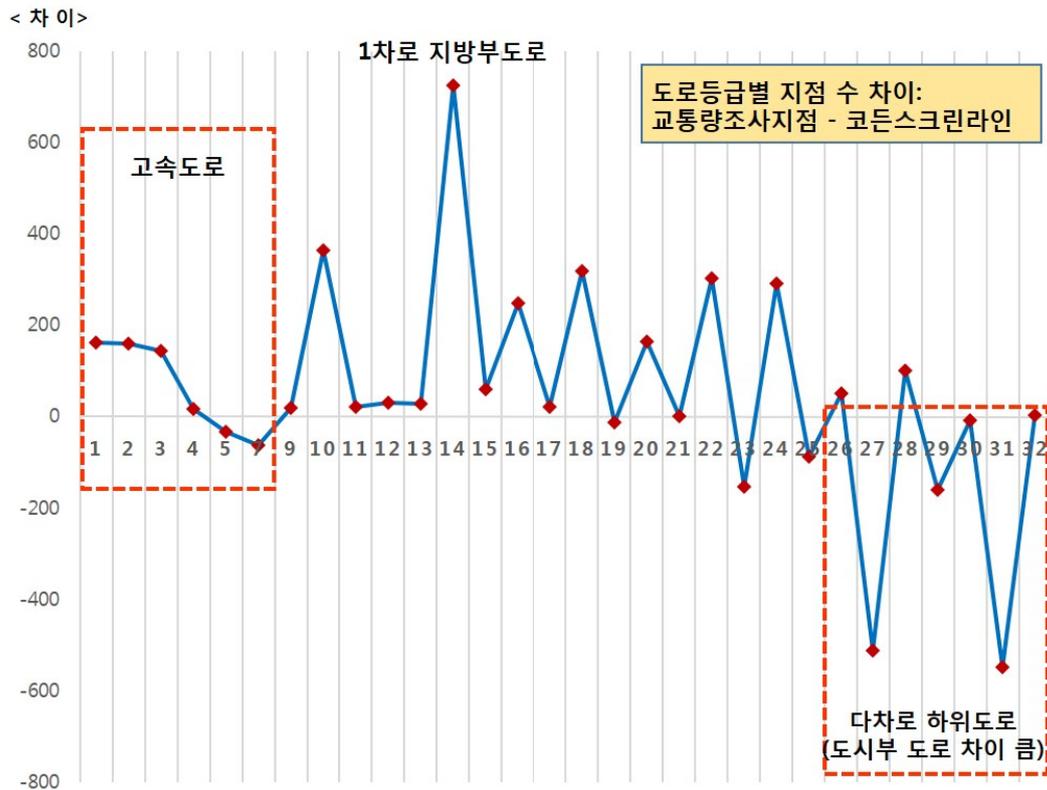
<표 2- 3> 도로등급 별 교통량조사지점 개수 확인

| VDF | 도로속성 | | | | 조사지점 | | |
|-----|---------|---------------|--------|----------|-------|--------|-------|
| | 도로 유형 | 신호등밀도 (개/km) | 차로수 | 도시부/ 지방부 | 개수 | 비율% | |
| 1 | 고속 도로 | 연속류 (신호등밀도=0) | 2차로 이하 | 도시부 | 364 | 5.3% | |
| 2 | | | | 지방부 | 258 | 3.8% | |
| 3 | | | 3차로 이상 | 도시부 | 337 | 4.9% | |
| 4 | | | | 지방부 | 22 | 0.3% | |
| 5 | 도시 고속도로 | | 2차로 이하 | 도시부 | 2 | 0.0% | |
| 7 | | | 3차로 이상 | | 0 | 0.0% | |
| 9 | 다차로 도로 | ≤ 0.3 | 1차로 | 도시부 | 297 | 4.3% | |
| 10 | | | | 지방부 | 674 | 9.8% | |
| 11 | | | 2차로 이상 | 도시부 | 73 | 1.1% | |
| 12 | | | | 지방부 | 50 | 0.7% | |
| 13 | | | ≤ 0.7 | 1차로 | 도시부 | 422 | 6.2% |
| 14 | | | | | 지방부 | 1,082 | 15.8% |
| 15 | | | | 2차로 이상 | 도시부 | 297 | 4.3% |
| 16 | | | | | 지방부 | 317 | 4.6% |
| 17 | | ≤ 1.0 | 1차로 | 도시부 | 149 | 2.2% | |
| 18 | | | | 지방부 | 422 | 6.2% | |
| 19 | | | 2차로 이상 | 도시부 | 164 | 2.4% | |
| 20 | | | | 지방부 | 199 | 2.9% | |
| 21 | | ≤ 2.0 | 1차로 | 도시부 | 151 | 2.2% | |
| 22 | | | | 지방부 | 388 | 5.7% | |
| 23 | | | 2차로 이상 | 도시부 | 327 | 4.8% | |
| 24 | | | | 지방부 | 342 | 5.0% | |
| 25 | | ≤ 4.0 | 1차로 | 도시부 | 36 | 0.5% | |
| 26 | | | | 지방부 | 79 | 1.2% | |
| 27 | | | 2차로 이상 | 도시부 | 168 | 2.5% | |
| 28 | | | | 지방부 | 136 | 2.0% | |
| 29 | | > 4.0 | 1차로 | 도시부 | 18 | 0.3% | |
| 30 | | | | 지방부 | 15 | 0.2% | |
| 31 | | | 2차로 이상 | 도시부 | 45 | 0.7% | |
| 32 | | | | 지방부 | 21 | 0.3% | |
| 합계 | | | | | 6,855 | 100.0% | |

- 분석 결과 교통량 조사지점 중 가장 숫자가 많은 도로 등급은 총 1,082개 지점(15.8%)이 존재하는 다차로 2등급 1차로 지방부 도로였음
- 그 다음으로 높은 비율을 차지하는 도로들 역시 다차로 1등급 1차로 지방부도로 (674개, 9.8%)와 다차로 2등급 1차로 도시부도로 (422개, 6.2%), 다차로 3등급 1차로 지방부도로 (422, 6.2%)로 나타나 다차로 도로들 중 지방부 1차로 도로들이 교통량 조사지점의 다수를 차지하는 것으로 분석되었음
- 교통량 조사지점의 공간적 분포 현황 분석의 다음 단계는 현재 수시·상시 교통량 조사지점이 얼마나 코든 및 스크린 라인 조사지점에 위치하고 있는지를 확인하는 것임
- 이를 통해 현재 수시·상시 교통량 조사지점의 교통수요 검증 적합성을 평가할 수 있음
- 공간적인 분석에 앞서 총량적인 숫자를 비교해보면 수시·상시 교통량 조사지점이 6,855개로써 총 코든라인 및 스크린라인 숫자인 5,193개에 비해 1,662개 많았음
- 이 결과를 통해 지점 총량으로는 코든 라인만을 고려한다면 충분한 지점의 교통량 조사가 실시되고 있음을 확인할 수 있음
- 공간적인 분포를 검토하기 위해 <표 2- 4>에서 코든·스크린라인과 교통량조사지점의 도시부, 지방부 도로의 지점 총량과 비율을 검토하였으며, 결과를 보면 코든·스크린라인의 경우 도시부 도로의 비율이 높게 나타난 반면, 교통량 조사지점은 지방부 도로의 비율이 높게 나타났음(코든·스크린라인: 도시부 76.22%, 지방부 23.78% / 교통량 조사지점: 도시부 41.58%, 지방부 58.42%)
- 다음으로 도로 등급 별 비교 결과를 보면 코든 및 스크린라인 교통량 조사지점은 수시·상시 교통량조사지점에 비해 다차로 6등급 2차로이상 도시부 도로(VDF 31)와 다차로 5등급 2차로이상 도시부 도로(VDF 27), 다차로 4등급 2차로이상 도시부 도로 (VDF 23)등 비교적 도시부 다차로의 비율이 높게 나타남
- 수시·상시 교통량조사지점은 코든 및 스크린라인 교통량 조사지점에 비해 다차로 2등급 1차로 지방부 도로(VDF 14)와 다차로 3등급 1차로 지방부 도로(VDF18), 다차로 1등급 1차로 지방부 도로(VDF 10) 등 비교적 지방부 2차로 도로의 비율이 높게 나타남
- 두 지점간의 숫자를 비교하면 전반적으로 상위 도로에서 코든 및 스크린라인 지점 숫자에 비해 수시·상시 교통량 조사지점의 숫자가 많으나 도시고속도로의 경우 조사지점이 부족함을 알 수 있음
- 다만 다차로 하위등급 도로들의 경우 코든 및 스크린라인 지점의 숫자에 비하여 수시·상시 교통량 조사지점의 숫자가 절대적으로 부족하다는 사실을 확인할 수 있음

<표 2- 4> 코든·스크린라인과 교통량조사지점의 도로등급 및 도시부·지방부 비교

| VDF | 도로속성 | | | 코든스크린라인 | | 교통량조사지점 | | |
|-----|--------|-------|----------|---------|--------|---------|--------|--|
| | 도로 유형 | 차로수 | 도시부/ 지방부 | 개수 | 비율% | 개수 | 비율% | |
| 1 | 고속도로 | 2차로이하 | 도시부 | 201 | 3.87% | 364 | 5.31% | |
| 2 | | | 지방부 | 99 | 1.91% | 258 | 3.76% | |
| 3 | | 3차로이상 | 도시부 | 194 | 3.74% | 337 | 4.92% | |
| 4 | | | 지방부 | 5 | 0.10% | 22 | 0.32% | |
| 5 | 도시고속도로 | 2차로이하 | 도시부 | 35 | 0.67% | 2 | 0.03% | |
| 7 | | 3차로이상 | | 62 | 1.19% | 0 | 0.00% | |
| 9 | 다차로도로 | 1차로 | 도시부 | 278 | 5.35% | 297 | 4.33% | |
| 10 | | | 지방부 | 309 | 5.95% | 674 | 9.83% | |
| 11 | | 2차로이상 | 도시부 | 52 | 1.00% | 73 | 1.06% | |
| 12 | | | 지방부 | 20 | 0.39% | 50 | 0.73% | |
| 13 | | 1차로 | 도시부 | 394 | 7.59% | 422 | 6.16% | |
| 14 | | | 지방부 | 357 | 6.87% | 1,082 | 15.78% | |
| 15 | | 2차로이상 | 도시부 | 236 | 4.54% | 297 | 4.33% | |
| 16 | | | 지방부 | 69 | 1.33% | 317 | 4.62% | |
| 17 | | 1차로 | 도시부 | 128 | 2.46% | 149 | 2.17% | |
| 18 | | | 지방부 | 102 | 1.96% | 422 | 6.16% | |
| 19 | | 2차로이상 | 도시부 | 176 | 3.39% | 164 | 2.39% | |
| 20 | | | 지방부 | 34 | 0.65% | 199 | 2.90% | |
| 21 | | 1차로 | 도시부 | 149 | 2.87% | 151 | 2.20% | |
| 22 | | | 지방부 | 86 | 1.66% | 388 | 5.66% | |
| 23 | | 2차로이상 | 도시부 | 480 | 9.24% | 327 | 4.77% | |
| 24 | | | 지방부 | 51 | 0.98% | 342 | 4.99% | |
| 25 | | 1차로 | 도시부 | 123 | 2.37% | 36 | 0.53% | |
| 26 | | | 지방부 | 28 | 0.54% | 79 | 1.15% | |
| 27 | | 2차로이상 | 도시부 | 679 | 13.08% | 168 | 2.45% | |
| 28 | | | 지방부 | 34 | 0.65% | 136 | 1.98% | |
| 29 | | 1차로 | 도시부 | 177 | 3.41% | 18 | 0.26% | |
| 30 | | | 지방부 | 23 | 0.44% | 15 | 0.22% | |
| 31 | | 2차로이상 | 도시부 | 594 | 11.44% | 45 | 0.66% | |
| 32 | | | 지방부 | 18 | 0.35% | 21 | 0.31% | |
| 합계 | | | 도시부 | 3,958 | 76.22% | 2,850 | 41.58% | |
| | | | 지방부 | 1,235 | 23.78% | 4,005 | 58.42% | |
| | | | 합계 | 5,193 | 100% | 6,855 | 100% | |



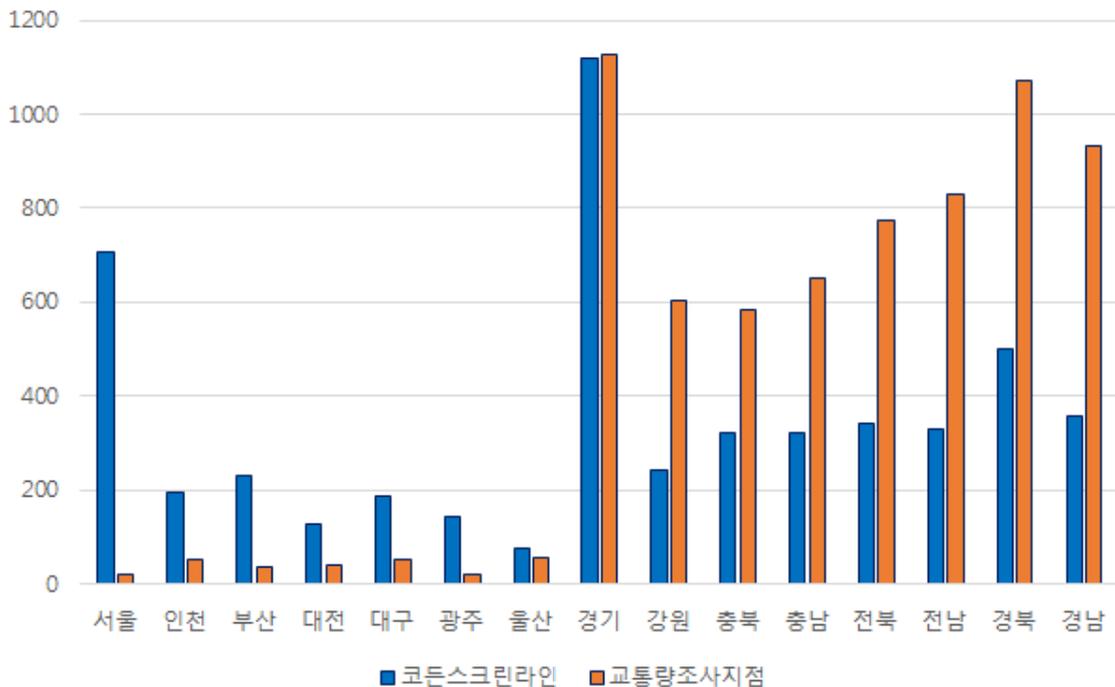
<그림 2- 6> 과대과소지점 도로 등급별 분석 (코드·스크린라인 vs 교통량 조사지점)

- 등급별 분석 결과를 검토하였을 때 수시·상시 교통량조사지점과 코드 및 스크린라인 지점간의 도로 등급 간 불균형이 존재하여 조사지점 총량은 부족하지 않으나 필요한 도로등급에서의 조사가 이루어지지 못하고 있음을 알 수 있음
- 특히 현재의 교통량조사지점이 <그림 2- 6>와 같이 도시부 다차로 도로의 수가 작아 첨두와 비첨두의 명확한 패턴 변화가 있는 도시부 도로의 통행을 제대로 반영하지 못할 것으로 판단되며, 용량이 작고 이용이 적을 것으로 판단되는 (편도) 1차로 지방부 도로가 조사지점의 다수를 차지하고 있는 것으로 나타남
- 이러한 결과를 통해 현재의 교통량 조사지점을 도로등급별로 재선정할 필요성이 있음을 확인할 수 있음
- 다음으로 현재 수시·상시 교통량조사지점의 지역 별 편중을 검토하기 위해 지역 별 코드 및 스크린라인 조사지점과 수시·상시 교통량조사지점을 비교하였음

<표 2- 5> 지역 별 코든·스크린라인과 교통량조사지점수 비교

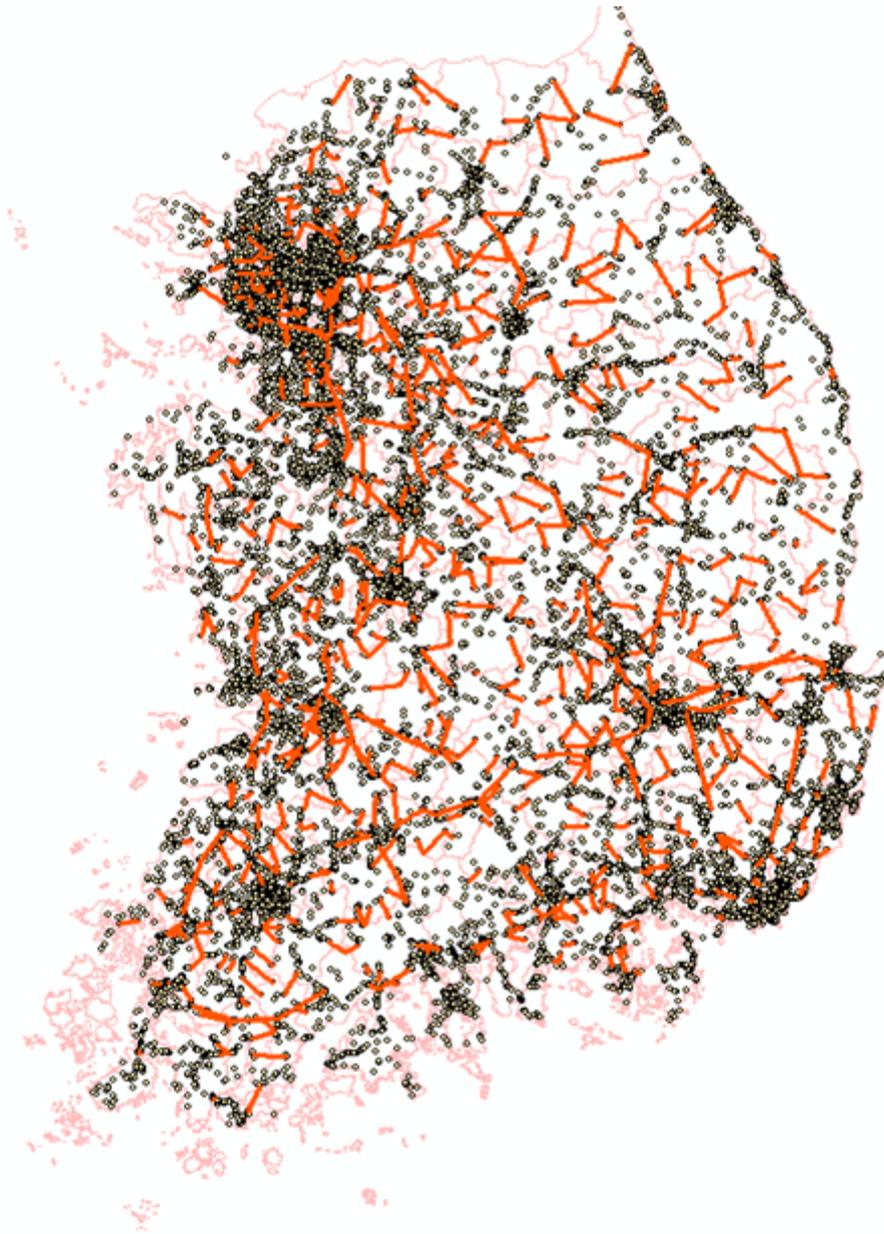
| 구분 | 코든·스크린라인 개수(A) | 교통량 조사지점 개수(B) | 차이 (B-A) |
|----|----------------|----------------|----------|
| 서울 | 705 | 21 | -684 |
| 인천 | 194 | 53 | -141 |
| 부산 | 231 | 35 | -196 |
| 대전 | 127 | 40 | -87 |
| 대구 | 187 | 52 | -135 |
| 광주 | 143 | 22 | -121 |
| 울산 | 75 | 56 | -19 |
| 경기 | 1,118 | 1,129 | 11 |
| 강원 | 243 | 603 | 360 |
| 충북 | 322 | 585 | 263 |
| 충남 | 321 | 652 | 331 |
| 전북 | 342 | 775 | 433 |
| 전남 | 328 | 829 | 501 |
| 경북 | 501 | 1,071 | 570 |
| 경남 | 356 | 934 | 578 |
| 합계 | 5,193 | 6,857 | 1,664 |

< 지점 수 >



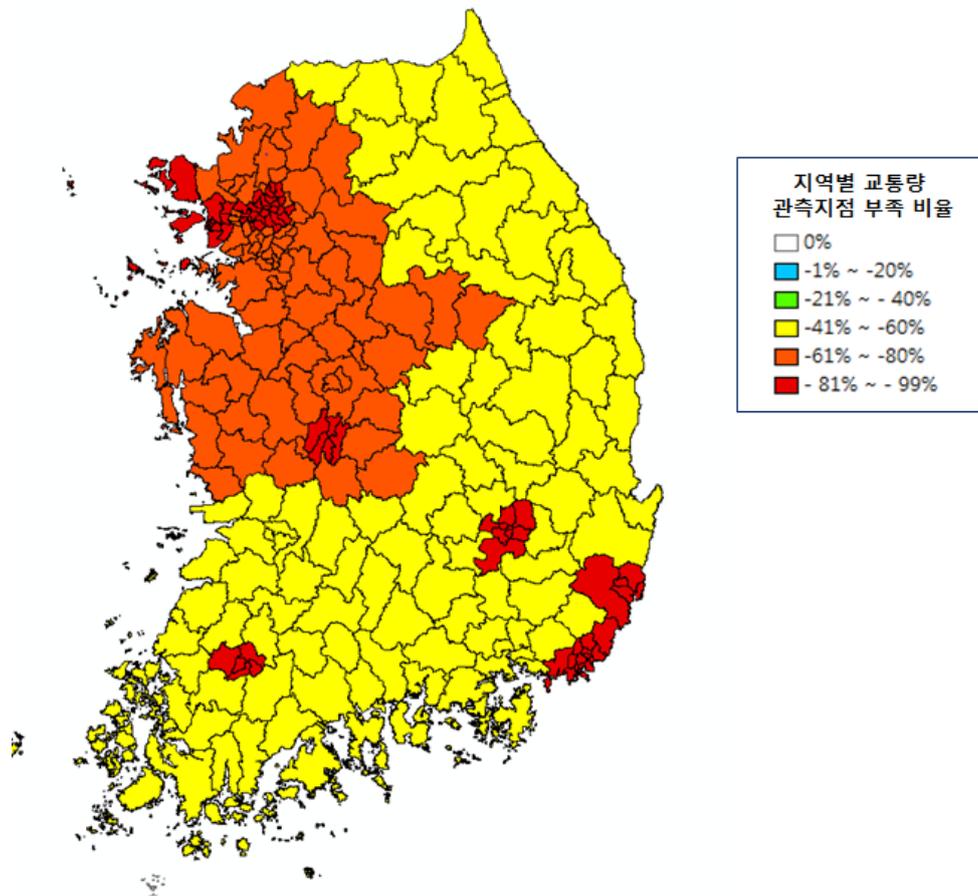
<그림 2- 7> 지역별 코든·스크린라인과 교통량조사지점 지점수 비교

- 교통량 조사지점을 코든·스크린라인과 비교하였을 때, 지역별로 편중됨을 확인 할 수 있음
- <표 2- 5>와 <그림 2- 7>을 보면 서울특별시 및 6대광역시의 교통량 관측지점수가 코든·스크린라인 지점수에 비해 매우 작으며, 반대로 경기도를 제외한 도 들은 교통량 조사지점이 코든·스크린라인 지점에 비해 많은 것으로 나타남
- 이중 서울특별시 및 지방 광역시에서 교통량 조사지점수가 적은 것은 서울특별시 등 지자체 자체에서 교통량을 측정하기 때문에 건설기술연구원의 조사지점에 포함되지 않는 것으로 판단되며, 이러한 한계를 고려하여 본 과업에서는 건설기술연구원에서 조사되는 자료와 기타 지자체에서 측정하는 지점과 자료를 통합할 필요성이 있음
- 그리고, 경기도의 경우 가장 많은 코든·스크린라인이 위치하여 교통량 관측지점 또한 이와 비례하여 많은 수가 확보되어야 하나 그렇지 못함으로써, 교통량 조사지점에서 실제 통행량 과 분포를 제대로 파악하지 못 할 수 있음
- 전체적으로 지역별 코든·스크린 라인 수에 비해 교통량 조사지점의 총량 이 작은 지역에 대해서는 보완해 줄 필요성이 있음
- 이와 같이 도로 등급별, 지역별 코든 및 스크린 라인 조사지점의 숫자와 수시·상시 교통량조사지점 숫자를 총량 비교하였으나, 더욱 중요한 분석은 실제 수시·상시 교통량조사지점 중 얼마가 코든 및 스크린 라인 조사지점과 일치하고 있는가임
- 이 분석을 통해 현재 코든 및 스크린 라인 기준의 조사 필요지점 중 몇 %의 지점이 교통량 조사가 이루어지고 있는지 확인할 수 있기 때문임
- 이를 위해 먼저 두 지점 간 일치 분석을 GIS를 통해 <그림 2- 8>에서 보는 바와 같이 코든 라인과 교통량조사지점이 일치하는 도로(지점)를 GIS에서 전수 확인하였음
- 코든 및 스크린라인과 수시·상시 교통량조사지점의 매칭(matching) 결과 1,389개 지점이 일치하는 것으로 나타났으며, 이 결과는 총 수시·상시 교통량 관측지점 6,855개 대비 약 20% 수준이며, 코든 및 스크린라인 교통량 조사 필요지점 5,193개 중 약 27% 수준임



<그림 2- 8> GIS 상 코든·스크린라인과 교통량조사지점 일치하는 링크 표출

- 교통량 조사지점 중 코든·스크린라인과 일치하는 1,389개 지점을 지역별·도로 등급별로 검토 하였음
- 먼저 지역별로 검토해보면 현재 교통량 조사지점이 코든·스크린라인과 일치하는 구간이 총량 적으로 적을 뿐 아니라 지역별로 편중이 심한 것을 확인할 수 있음
- <그림 2- 9>과 <표 2- 6>에서는 지역 별 필요지점 (코든·스크린 라인)과 현재 교통량 관측 지점 간에 부족한 지점의 비율을 추정하였음

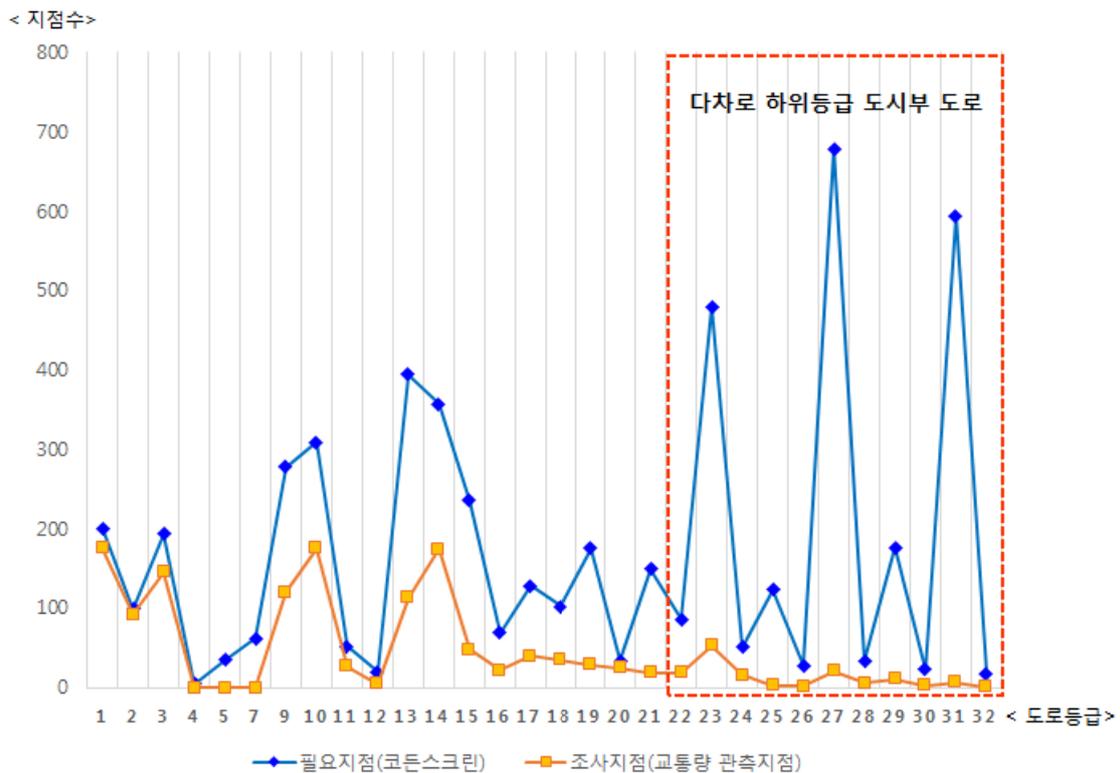


<그림 2- 9> 지역 별 코든·스크린라인 대비 교통량 관측지점 부족 비율 표출

<표 2- 6> 지역 별 코든·스크린라인 대비 교통량 관측지점 부족 비율

| 구분 | 코든·스크린라인 개수(A) | 교통량관측지점(B) | 부족한 비율 (B-A)/A |
|----|----------------|------------|----------------|
| 서울 | 705 | 16 | -98% |
| 인천 | 194 | 25 | -87% |
| 부산 | 231 | 14 | -94% |
| 대전 | 127 | 19 | -85% |
| 대구 | 187 | 25 | -87% |
| 광주 | 143 | 6 | -96% |
| 울산 | 75 | 12 | -84% |
| 경기 | 1,118 | 254 | -77% |
| 강원 | 243 | 119 | -51% |
| 충북 | 322 | 110 | -66% |
| 충남 | 321 | 104 | -68% |
| 전북 | 342 | 156 | -54% |
| 전남 | 328 | 142 | -57% |
| 경북 | 501 | 239 | -52% |
| 경남 | 356 | 148 | -58% |
| 합계 | 5,193 | 1,389 | - |

- 결과를 보면 서울특별시 및 6대 광역시와 경기도의 교통량 관측지점의 부족비율이 매우 높음을 확인할 수 있음
- 그 외 도지역의 경우도 서울특별시 및 5대광역시에 비해 상대적으로 작게 나타났으나, -40% ~ -60% 비율이 나타나기에 코든·스크린라인과 일치하는 교통량지점의 재선정 및 추가가 필요함
- 다음으로 코든·스크린 라인과 교통량 조사지점이 일치하는 도로를 등급별로 검토하였음
- <표 2- 7>과 <그림 2- 10>에서는 코든·스크린라인과 교통량 조사지점이 일치하는 도로를 등급별로 구분하였음
- 분석결과 현재 교통량 조사지점이 다차로 하위급 도시부 도로(2차로 이상)에서 코든·스크린 라인과 수적으로 가장 큰 차이를 보였으며, 이러한 결과는 앞서 언급하였듯이 도시부 통행에 대한 교통패턴 관측에 미흡한 결과를 초래할 것으로 판단됨



<그림 2- 10> 코든·스크린 라인(필요 지점)과 일치하는 교통량조사지점 비교

<표 2- 7> 코든·스크린 라인(필요 지점)과 일치하는 교통량조사지점 비교

| VDF | 도로속성 | | | | 지점수 비교 | | | |
|-----|---------|-----------------|--------|----------|--------|-------|--------|--|
| | 도로 유형 | 신호등밀도 (개/km) | 차로수 | 도시부/ 지방부 | 필요지점 | 조사지점 | 차이 | |
| 1 | 고속 도로 | 연속류 (신호등밀도 =0) | 2차로 이하 | 도시부 | 201 | 176 | -25 | |
| 2 | | | | 지방부 | 99 | 92 | -7 | |
| 3 | | | 3차로 이상 | 도시부 | 194 | 145 | -49 | |
| 4 | | | | 지방부 | 5 | 0 | -5 | |
| 5 | 도시 고속도로 | | 2차로 이하 | 도시부 | 35 | 0 | -35 | |
| 7 | | | 3차로 이상 | | 62 | 0 | -62 | |
| 9 | 다차로 도로 | ≤ 0.3 | 1차로 | 도시부 | 278 | 120 | -158 | |
| 10 | | | | 지방부 | 309 | 176 | -133 | |
| 11 | | | 2차로 이상 | 도시부 | 52 | 27 | -25 | |
| 12 | | | | 지방부 | 20 | 5 | -15 | |
| 13 | | ≤ 0.7 | 1차로 | 도시부 | 394 | 113 | -281 | |
| 14 | | | | 지방부 | 357 | 175 | -182 | |
| 15 | | | 2차로 이상 | 도시부 | 236 | 48 | -188 | |
| 16 | | | | 지방부 | 69 | 22 | -47 | |
| 17 | | ≤ 1.0 | 1차로 | 도시부 | 128 | 40 | -88 | |
| 18 | | | | 지방부 | 102 | 35 | -67 | |
| 19 | | | 2차로 이상 | 도시부 | 176 | 29 | -147 | |
| 20 | | | | 지방부 | 34 | 25 | -9 | |
| 21 | | ≤ 2.0 | 1차로 | 도시부 | 149 | 19 | -130 | |
| 22 | | | | 지방부 | 86 | 19 | -67 | |
| 23 | | | 2차로 이상 | 도시부 | 480 | 53 | -427 | |
| 24 | | | | 지방부 | 51 | 16 | -35 | |
| 25 | | ≤ 4.0 | 1차로 | 도시부 | 123 | 3 | -120 | |
| 26 | | | | 지방부 | 28 | 2 | -26 | |
| 27 | | | 2차로 이상 | 도시부 | 679 | 21 | -658 | |
| 28 | | | | 지방부 | 34 | 6 | -28 | |
| 29 | | > 4.0 | 1차로 | 도시부 | 177 | 11 | -166 | |
| 30 | | | | 지방부 | 23 | 3 | -20 | |
| 31 | | | 2차로 이상 | 도시부 | 594 | 7 | -587 | |
| 32 | | | | 지방부 | 18 | 1 | -17 | |
| 합계 | | | | | 5,193 | 1,389 | -3,804 | |

- 본 연구에서 현재 수시·상시 교통량 조사지점의 적합성 현황 분석을 위해서 지역 간 코든·스크린라인과 교통량 조사지점을 도로등급별, 지역별로 구분하여 검토하였음
- 검토 결과 총량적인 측면에서 교통량 조사지점이 코든·스크린라인을 충족하고 있었으나, 세 부적으로 검토하였을 때 불필요한 도로등급에 지점이 선정되었거나 지역 별로 편중됨을 확인할 수 있었음
- 이러한 결과를 바탕으로 본 과업에서는 건설기술연구원 교통량 조사지점과 서울특별시 및 6 대 광역시의 교통량 조사지점을 통합하고, 지역별로 조사지점이 편중되지 않도록 합리적인 교통량 조사지점 선정 연구를 수행코자 함

나. 분석 네트워크 갱신 (Lv.5와 Lv.6 네트워크)

- 본 연구에서는 KTDB Lv.5 와 Lv.6 네트워크를 사용하였음
- 연구 초기에는 Lv.5 네트워크만 활용할 수 있었기에 이를 사용하였으나, 연구 진행 간에 Lv.6 네트워크를 추가적으로 활용할 수 있게 되어 보다 상세한 Lv.6 네트워크로 갱신하여 사용하였음
- Lv.5 네트워크의 경우 흔히 수요분석에 활용되는 KTDB의 분석 네트워크이고, Lv.6 네트워크는 ‘주제도’로 실제 네트워크망과 보다 유사하고 상세한 네트워크 임
- 이 두 가지 네트워크에 대한 속성은 다음 <표 2- 8>와 같고, 간단히 노드와 링크수를 비교 하더라도 Lv.6 네트워크가 Lv.5 네트워크에 비해 더 상세한 것을 확인할 수 있음
- 연구의 초기에는 Lv.5 네트워크를 기준으로 분석하였기에 앞서 제시한 수시·상시 교통량 조사지점 현황 분석은 Lv.5 네트워크로 분석되었음
- 그러나, 연구 진행 간에 보다 상세한 Lv.6 네트워크 활용이 가능하여 이후 교통량 조사지점의 적정성 검토 및 재선정등 주요 연구에서는 Lv.6 네트워크를 사용하였음

<표 2- 8> 분석 네트워크 속성 비교 (Lv. 5 와 Lv. 6)

| 구분 | Lv.5 네트워크 | Lv.6 네트워크 |
|-------------------|-------------|--------------|
| 노드수 | 54,780 | 415,167 |
| 링크수 ¹⁾ | 78,546 | 534,017 |
| VDF 포함 여부 | 32등급 VDF 포함 | 32등급 VDF 미포함 |

1) 링크 수 단위: 양방향과 일방향 혼재된 링크 개수

- 본 연구를 진행함에 있어 보다 상세한 Lv.6 네트워크로 수시·상시 교통량 조사지점 현황 분석 등 현황 검토를 수행할 경우 Lv.5로 분석된 결과보다 보다 정확성을 확보할 것으로 보이나, 현재 Lv.6 네트워크에 VDF 등급 정보가 포함되어 있지 않기에 이러한 분석을 수행하는데 일부 한계가 존재함
- 현재로서는 Lv.6 네트워크 기준 32등급 VDF 값 처리가 아직 진행 중이기에 향후 이를 활용한 분석이 가능할 것으로 보임
- 따라서, 본 연구에서는 32등급 VDF를 포함하여 지역 및 도로속성 등이 잘 구분되어 있는 Lv.5 네트워크로 현재의 교통량 조사지점의 지역 및 도로등급별 현황 분석을 선행연구로 수행하였고, 자료의 신뢰성이 요구되고 보다 상세한 Lv.6 네트워크로 교통수요 검증 교통량 조사지점 적합성 분석 등 주요 연구를 하는데 활용하였음
- 그리고, 본 연구에서 교통수요 교통량 조사지점을 선정하는데 있어 도로등급은 중요하게 반영되지 않고 각 링크를 통과하는 기종점 쌍, 교통량이 주요 요인으로 작용하기에 Lv.6 네트워크로 분석하는 것이 보다 합리적이라 판단됨
- 그 외 OD Estimation 등 연구에서도 Lv. 6 네트워크를 활용하여 분석 하는 것이 분석 결과를 신뢰성을 확보하는데 더 유리할 것이라 판단됨
- 이렇게 분석 네트워크의 갱신으로 인해 본 연구에서 현황을 검토하고 제시한 값들이 일부 다를 수 있음

5. 교통수요 검증 교통량 조사지점별 적합성 분석

가. 수요검증 지점선정 방법론

- 앞서 교통량 조사지점을 수요검증의 관점에서 적합성 판단을 하기 위한 평가 기준에 대하여 제시한 바 있음
- 본 연구에서는 동일한 기준을 이용하여 모든 교통량 조사가 필요한 지점들에 대한 적합성 분석 결과를 제시함
- 분석 대상 지점들은 현재 지역 간 존 체계를 고려하여 주로 코든라인 교통량 지점들에 대한 평가가 이루어짐
- 앞서 제시한 지점선정 기준은 총 5가지이며 이를 현재 KTDB 지역 간 교통망에 적합하도록 재정리하면 다음과 같음
 - 1) 코든라인을 통과하는 링크들은 최대한 교통량 조사가 이루어져야 함
 - 2) 최대한 많은 기종점교통량이 통과하는 지점들이 선정되어야 함
 - 3) 최대한 많은 기종점 쌍이 통과하는 지점들이 선정되어야 함
 - 4) 모든 기종점 쌍에 대해 최소한 하나의 경로가 교통량 조사지점에 의하여 포착되어야 함
 - 5) 특정 기종점 쌍의 교통량 중 매우 큰 비율이 통과하는 조사지점은 교통량 조사가 이루어지는 것이 바람직함
 - 6) 모든 조건이 동일할 경우 상위등급 도로를 우선 조사함
- 위의 분석기준을 고려하여 먼저 코든라인 교통량에 대한 분석을 시행하였음
- 코든 라인 교통량 수집 목표는 모든 존에 대하여 코든라인 교통량을 100% 수집하는 것임
- 그러나 현실적으로 모든 코든라인을 통과하는 도로에서 교통량을 관측할 수는 없기 때문에 코든라인 교통량 중에서도 가장 중요한 지점을 선정해야 하고, 모든 존에서 수요 검증을 위해 필요한 최소한의 지점이나 교통량 들은 포함되도록 해야 함
- 이를 위해 먼저 본 연구에서는 KTDB 지역 간 교통망의 249개 존에 대하여 교통량이 수집되는 관측지점을 확보한 수준과 존 별로 출발 및 도착 총량 중에서 어느 정도 비율로 교통량이 수집되는지를 분석하였음

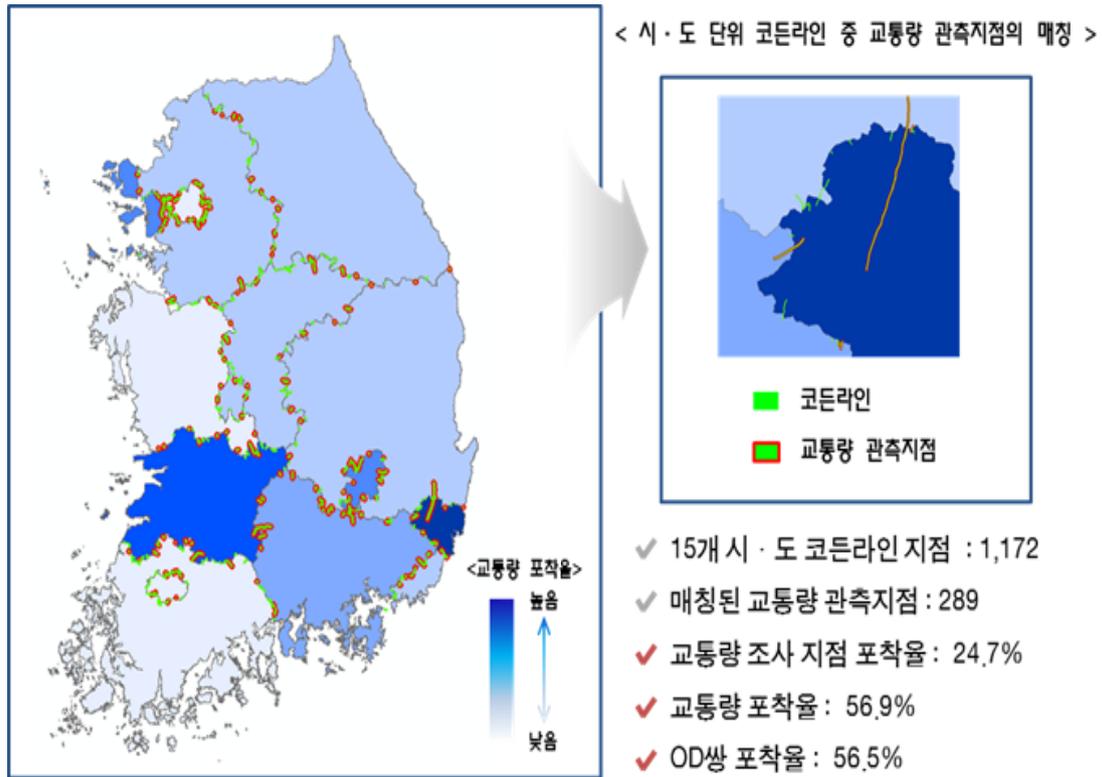
나. 시도별 코든라인 지점 및 교통량 포착율 분석

- 현재 건설기술연구원을 통해 조사되는 교통량 자료 중 코든라인 및 스크린라인 선상에 위치한 지점이 상당하나, 전국적으로 시군구 단위에서는 높은 코든라인 교통량의 포착율을 기대하기 어려움
- 그러나 장거리 통행량이 많은 지역 간 교통량을 고려할 때 시군구 존 체계의 코든라인 교통량 포착율뿐 만 아니라 상위 행정체계인 시도 존 체계에서의 코든라인 교통량 포착율도 지역 간 통행의 총량을 파악 하는데 중요함
- 이러한 배경에서 먼저 시도단위 존 체계에서 코든라인의 지점 및 교통량 중 현재 교통량 조사지점에 의해 포착되는 비율을 분석하였음
- <표 2- 9>에서는 조사지점과 교통량 기준으로 구분하여 코든라인과 교통량 조사지점의 지역별 포착율을 표기하였음
- <표 2- 9>에서 제시한 것 같이 조사지점 기준 현재 시도의 코든라인 총 1,172개 중 교통량 조사지점은 289개로 전체 24.7%를 확보하고 있음
- 교통량 기준으로 비교하였을 때 코든라인의 통행량은 전체 2,890,876 대이며, 교통량 조사지점의 1,644,295대로 약 56.9%가 포착되는 것으로 분석되었음

<표 2- 9> 관측지점의 코든라인 포착율 분석

| VDF | 지점 기준 | | | 교통량 기준 | | |
|-----|--------|--------|-------|-----------|-----------|-------|
| | 코든수(개) | 관측수(개) | 포착율 | 코든량(대) | 관측량(대) | 포착율 |
| 서울 | 135 | 22 | 16.3% | 633,746 | 298,209 | 47.1% |
| 부산 | 50 | 11 | 22.0% | 151,475 | 80,781 | 53.3% |
| 대구 | 49 | 20 | 40.8% | 110,771 | 77,486 | 70.0% |
| 인천 | 49 | 20 | 40.8% | 287,227 | 202,505 | 70.5% |
| 광주 | 49 | 7 | 14.3% | 43,475 | 19,658 | 45.2% |
| 대전 | 37 | 6 | 16.2% | 65,156 | 35,329 | 54.2% |
| 울산 | 26 | 10 | 38.5% | 30,172 | 28,769 | 95.3% |
| 경기 | 256 | 58 | 22.7% | 913,018 | 539,570 | 59.1% |
| 강원 | 43 | 8 | 18.6% | 23,339 | 12,750 | 54.6% |
| 충북 | 79 | 14 | 17.7% | 101,296 | 59,296 | 58.5% |
| 충남 | 64 | 17 | 26.6% | 119,489 | 49,505 | 41.4% |
| 전북 | 62 | 18 | 29.0% | 38,052 | 31,468 | 82.7% |
| 전남 | 99 | 17 | 17.2% | 74,147 | 33,707 | 45.5% |
| 경북 | 89 | 34 | 38.2% | 164,766 | 91,224 | 55.4% |
| 경남 | 85 | 27 | 31.8% | 134,747 | 84,038 | 62.4% |
| 총계 | 1,172 | 289 | 24.7% | 2,890,876 | 1,644,295 | 56.9% |

- 단순 비율로 비교하였을 때, 전체 교통량 포착율이 지점 포착율 대비 약 2.3배 높게 나타남
- 이 결과를 보면 전체 코든라인 도로 중 교통량이 조사되는 도로의 숫자는 많지 않으나, 조사된 도로가 조사되지 않는 도로에 비하여 교통량이 많은 중요한 도로임을 추정할 수 있음
- 하지만, 현재 조사지점의 교통량 기준 포착율이 56.9%인 것을 고려한다면 상당한 교통량이 조사지점에서 포착되지 않는 것을 확인할 수 있음
- 다음으로 포착율의 지역적 분포를 검토하기 위해 <표 2- 10>에서는 지역 별 포착율 각각 표기하였으며, 전국 평균에 비해 높은 포착율을 갖는 시도를 음영으로 표기하였음
- 포착율의 지역적 분포를 보면 조사지점 기준 대구광역시와 인천광역시가 가장 높은 포착율이 나타났으며, 교통량 기준은 울산광역시와 전라북도가 타지역에 비해 가장 높은 포착율이 나타났음
- 특히, 울산광역시 경우 지점 기준 포착율은 38.5% 임에도 불구하고, 교통량 기준 은 95.3 % 로 가장 높은 포착율이 나타났음
- 이러한 요인은 울산광역시를 통과하는 고속도로에 조사지점이 위치하여 전체적인 교통량 포착률이 높게 나타난 것으로 판단됨
- 지역별 포착율을 좀 더 살펴보면, 지점 기준으로는 대구광역시, 인천광역시, 울산광역시, 경상북도, 경상남도 순서로 평균 포착율 보다 높은 값을 기록하였고, 교통량 기준으로는 울산광역시, 전라북도, 인천광역시, 대구광역시, 경상남도 순으로 높은 포착율이 나타났음
- 그러나, 충청남도 경우 지점 비율로는 평균 이상의 포착율이 나타났으나, 교통량 포착율은 지역별 최하위로 나타났음
- 그리고, 광주광역시 경우 지점기준과 교통량기준 모두 최하위로 나타났음
- 다음으로 <그림 2- 11>은 교통량 포착율의 공간적인 분포를 설명하고 있는데, 울산광역시, 전라북도, 인천광역시, 대구광역시의 포착율이 상대적으로 높게 나타났음
- 상세한 분석이 필요할 수 있으나 이러한 공간적인 분포가 나타난 이유는 이들 시도가 서울-부산 및 서울-광주 간 고속도로의 통과지역이기 때문에 이들이 지나는 경로 상에 위치할 경우 유입과 유입 지점 두 군데서 교통량이 포착 가능하기 때문임
- 다만 울산광역시와 인천광역시 경우 내부에서 고속도로 통행이 종료되기 때문에 상대적으로 포착 지점의 숫자가 적음에도 불구하고 교통량 포착율이 높게 나타나는 것으로 판단됨



<그림 2- 11> 코든라인 교통량 포착율 공간분포 (시도 단위)

◦ 다음으로 <표 2- 10>에서는 OD 쌍 기준으로 코든라인에서 포착되는 비율을 분석하였음

<표 2- 10> 통과 OD쌍 기준 코든라인 포착율 분석

| 시도 | OD쌍 기준 | | |
|----|---------|---------|-------|
| | 코든량(쌍) | 관측량(쌍) | 포착율 |
| 서울 | 119,680 | 51,956 | 43.4% |
| 부산 | 19,469 | 10,330 | 53.1% |
| 대구 | 21,283 | 14,926 | 70.1% |
| 인천 | 42,208 | 29,508 | 69.9% |
| 광주 | 6,885 | 3,522 | 51.2% |
| 대전 | 12,177 | 8,291 | 68.1% |
| 울산 | 5,682 | 5,151 | 90.7% |
| 경기 | 171,090 | 95,420 | 55.8% |
| 강원 | 7,032 | 3,921 | 55.8% |
| 충북 | 29,404 | 17,454 | 59.4% |
| 충남 | 28,481 | 13,505 | 47.4% |
| 전북 | 12,558 | 10,027 | 79.8% |
| 전남 | 15,705 | 7,834 | 49.9% |
| 경북 | 33,953 | 22,421 | 66.0% |
| 경남 | 24,755 | 16,677 | 67.4% |
| 총계 | 550,362 | 310,943 | 56.5% |

- 본 과업에서 목표하는 교통량 조사지점 선정의 최종 목표는 정확한 통행수요 분포를 검증할 수 있는 지점을 확인하는 것임
- 따라서 가장 중요한 기준은 OD쌍과 교통량을 최대한 많이 포착할 수 있도록 교통량 조사지점을 선정하는 것임
- 이때 OD 쌍 기준이란 특정 지점을 통과하는 전체 OD 쌍의 숫자를 집계한 것으로 교통량 기준과는 차별화된 자료임
- 예를 들어 서울-부산 간을 통행하는 차량 50대가 코든라인을 통과했을 경우 교통량 기준으로는 50 대 이지만 기종점 쌍 기준으로는 1 개의 자료가 됨
- 먼저, 코든라인과 현재의 교통량 조사지점들을 통과하는 기종점 쌍을 검토하였는데, 분석결과 총 550,362개 기종점 쌍 중 310,943개를 포착하는 것으로 나타났음
- 교통량 조사지점의 기종점 쌍 포착율은 평균 56.5%로 앞서 제시된 교통량 포착율 56.9%과 큰 차이는 없었음
- 지역별로 비교하였을 때도 기종점 쌍 기준 포착율은 교통량 기준의 포착율과 큰 차이는 없으나, 대전광역시와 경상북도의 경우 교통량 포착율에 비하여 기종점 쌍 포착율 값이 약 10% 정도 증가한 것으로 나타났음
- 즉, 대전광역시와 경상북도의 경우 상대적으로 교통량이 적은 기종점쌍이 다수 포착되고 있는 것으로 판단됨
- 기종점 쌍 기준 지역별 포착율을 좀 더 살펴보았을 때, 교통량 기준 포착율과 유사하게 울산광역시, 전라북도, 대구광역시, 인천광역시의 포착률이 상대적으로 높게 나타났음
- 반면, 서울특별시의 포착율은 43.4%, 충청남도는 47.4%로 나타나 전체 지역별 평균 56.5%보다 낮게 관측되어, 이러한 지역을 우선순위로 기종점 쌍의 포착율 확보를 개선하기 위한 추가적인 조사지점 선정이 필요할 것으로 판단 됨

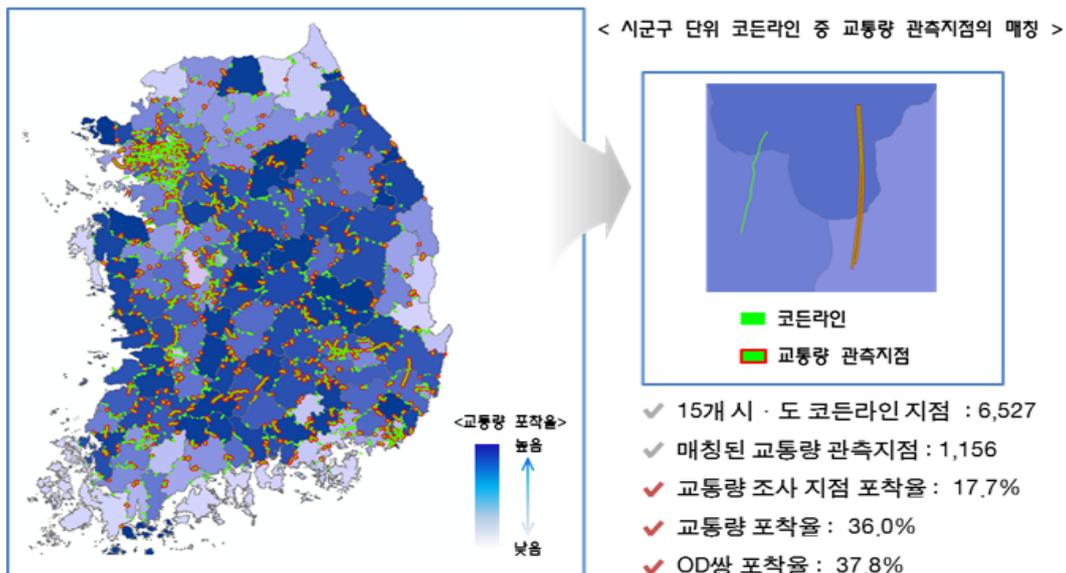
다. 시군구별 코든라인 지점 및 교통량 포착율 분석

- 시도 코든라인 기준 분석에 이어 KTDB 지역 간 교통망 존재계인 시군구별로 좀 더 상세한 코든라인 분석을 실시하였음
- 개별 시군구별 분석에 앞서 <표 2- 11>과 같이 시군구의 지점 기준 및 교통량 기준 포착율을 시도단위로 집계하였음

<표 2- 11> 지점 및 교통량 기준 시도별 평균 코든라인 포착율

| 시도 | 지점 기준 | | | 교통량 기준 | | |
|-------|--------|--------|-------|------------|-----------|-------|
| | 코든수(개) | 관측수(개) | 포착율 | 코든량(대) | 관측량(대) | 포착율 |
| 서울 총계 | 904 | 77 | 8.5% | 3,947,143 | 751,256 | 19.0% |
| 부산 총계 | 327 | 58 | 17.7% | 1,497,794 | 558,338 | 37.2% |
| 대구 총계 | 254 | 51 | 20.1% | 871,922 | 348,826 | 40.0% |
| 인천 총계 | 283 | 70 | 24.7% | 1,241,269 | 600,646 | 48.4% |
| 광주 총계 | 192 | 31 | 16.1% | 502,260 | 150,575 | 30.0% |
| 대전 총계 | 224 | 28 | 12.5% | 518,740 | 211,565 | 40.8% |
| 울산 총계 | 142 | 30 | 21.1% | 263,430 | 119,942 | 45.5% |
| 경기 총계 | 1,536 | 232 | 15.1% | 5,132,845 | 2,138,034 | 41.7% |
| 강원 총계 | 211 | 55 | 26.1% | 108,374 | 64,176 | 59.2% |
| 충북 총계 | 337 | 63 | 18.7% | 544,603 | 212,529 | 39.0% |
| 충남 총계 | 433 | 81 | 18.7% | 639,484 | 202,728 | 31.7% |
| 전북 총계 | 429 | 89 | 20.7% | 533,449 | 201,152 | 37.7% |
| 전남 총계 | 371 | 75 | 20.2% | 263,146 | 114,130 | 43.4% |
| 경북 총계 | 465 | 116 | 24.9% | 520,304 | 278,599 | 53.5% |
| 경남 총계 | 419 | 100 | 23.9% | 628,970 | 252,018 | 40.1% |
| 총계 | 6,527 | 1,156 | 17.7% | 17,213,733 | 6,204,514 | 36.0% |

- <표 2- 11>과 같이 분석 결과를 보면 시군구 단위 기준 교통량 관측지점수는 코든라인 대비 약 17.7%를 확보하였고, 교통량 기준 약 36%가 포착되는 것으로 분석되었음
- 앞서 제시한 시도단위 포착율에 비해 시군구 단위로 포착율을 검토하였을 때 비율이 감소하는 것을 확인할 수 있음 (지점 기준: 24.7%→ 17.7% , 교통량 기준: 56.9%→ 36%)
- 다음으로 지역별 지점과 교통량 기준 비율을 검토하였으며, <그림 2- 12>에서 교통량 포착율의 공간적 분포를 표출하였음



<그림 2- 12> 코든라인 교통량 포착율 공간분포 (시군구 단위)

- 지역별 비율을 검토해보면, 지점수를 기준으로 코든라인 확보율이 높은 시도는 강원 26.1 %, 경상북도가 24.9 %, 인천 24.7%로 상대적으로 다른 지역에 비해 높게 나타났음
- 반면에 지점기준 포착율이 낮은 지역은 서울특별시 8.5 %, 대전광역시 12.5 %로 상대적으로 낮게 나타났음
- 서울특별시와 대전광역시는 각각 904개, 224개 의 코든라인이 내부 시군구 및 시경계에 형성되어 있으나 교통량 조사가 이루어지고 있는 지점은 77개, 28개에 불과하였음
- 다음으로 교통량 기준 지역별 포착율을 검토하였을 때, 강원도가 59.2 %, 경상북도가 53.5 %로 상대적으로 높은 포착률로 분석되었음
- 경상북도의 경우 전체 코든 통과지점의 숫자 465개중 116개로 코든라인의 1/4만이 교통량 조사가 이루어지고 있으나, 이 지점만으로 1/2 이상의 교통량을 포착하고 있어 일부 주요도로에 존간 교통량이 집중해 통행하고 있음을 확인할 수 있음
- 반면 서울특별시의 경우 19.0 %로 지점 포착율과 마찬가지로 교통량 포착율또한 최하위를 기록하였으며, 광주광역시는 30.0 %로 교통량 기준으로 비교적 낮은 포착율이 나타났음
- 다음으로 <표 2- 12>는 시군구 단위 지역 통과 기종점 쌍에 대한 포착율을 분석한 것임

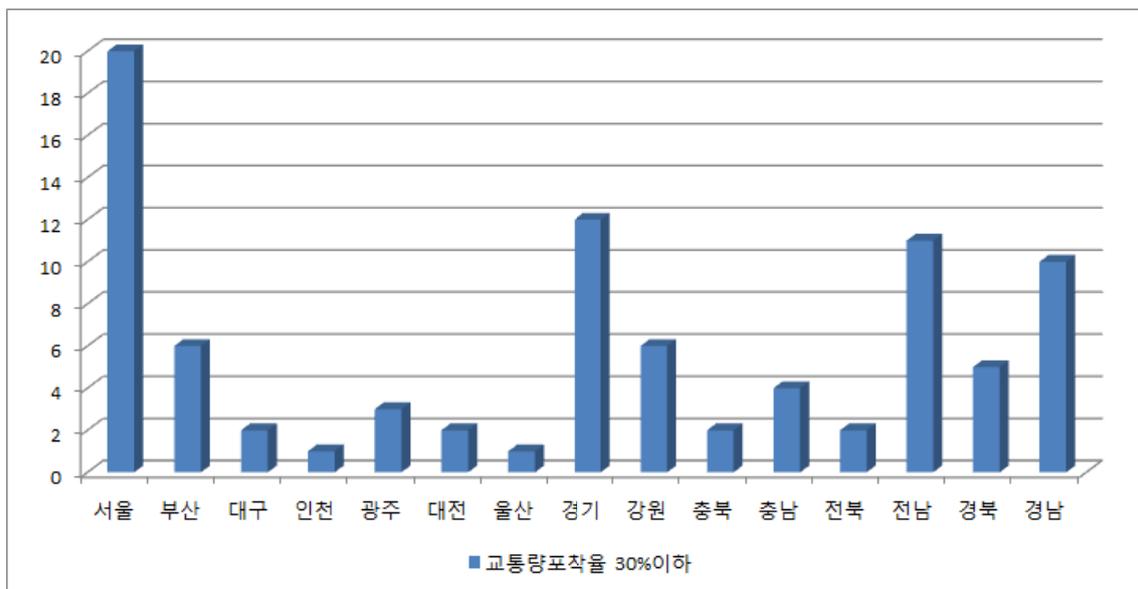
<표 2- 12> 코든라인 통과 기종점쌍 포착율 분석

| 시도 | OD쌍 기준 | | |
|-------|-----------|-----------|-------|
| | 코든량(쌍) | 관측량(쌍) | 포착율 |
| 서울 총계 | 850,382 | 143,612 | 16.9% |
| 부산 총계 | 142,527 | 49,458 | 34.7% |
| 대구 총계 | 89,900 | 43,511 | 48.4% |
| 인천 총계 | 155,506 | 79,934 | 51.4% |
| 광주 총계 | 40,400 | 12,953 | 32.1% |
| 대전 총계 | 70,724 | 36,595 | 51.7% |
| 울산 총계 | 26,501 | 13,025 | 49.1% |
| 경기 총계 | 983,985 | 418,688 | 42.6% |
| 강원 총계 | 29,573 | 16,774 | 56.7% |
| 충북 총계 | 113,011 | 63,117 | 55.9% |
| 충남 총계 | 124,831 | 55,267 | 44.3% |
| 전북 총계 | 99,724 | 56,482 | 56.6% |
| 전남 총계 | 55,756 | 25,679 | 46.1% |
| 경북 총계 | 126,885 | 76,260 | 60.1% |
| 경남 총계 | 106,519 | 50,096 | 47.0% |
| 총계 | 3,016,224 | 1,141,451 | 37.8% |

- 현재 시도 기준 시군구 OD쌍 평균 포착율은 37.8 %로서 이는 시도경계 내에 포함된 시군구 코든라인을 통과하는 전체 기종점 쌍 중 37.8 %가 포착되고 있음을 의미한 것임
- 기종점 쌍 기준으로 포착율이 상대적으로 높은 시도는 경상북도, 강원도, 전라북도로서 각각 포착율은 60.1 %, 56.7 % , 50.6%로 나타났음
- 반면 가장 낮은 시도는 서울특별시와 광주광역시로 각각 16.9 %와 32.1 % 로 전체 평균 37.8%에 비해 낮은 포착율이 나타났음
- 전라북도의 경우 교통량 포착율은 37.7%로 평균에 비해 조금 높은 수준이었으나, OD 쌍의 포착율은 평균의 1.5배가 넘게 나타났는데, 이는 전라북도의 경우 교통량 총량에 대한 포착보다는 어떠한 기종점을 갖는 차량이 통과하고 있는지에 대한 파악이 상대적으로 더 잘 이루어질 수 있음을 시사함
- 반면 교통량 포착율과 기종점 쌍 포착율이 모두 전체 평균에 비해 낮은 지역은 서울특별시와 광주광역시인데, 이지역의 경우 현재 조사지점을 기준으로 지역 간 교통량과 기종점 쌍을 파악하는 것이 다른 시도에 비하여 어려울 것으로 판단됨
- 좀 더 상세한 분석을 위하여 시군구별로 개별 포착률 분석을 수행하였음
- 먼저 포착율이 상위에 속하는 시군구를 상위 20개 분석하였음
- <표 2- 13>과 같이 분석 결과를 보면 상대적인 특성을 고려하여 강화군과 동해시, 완도군을 제외하고 상위 시군구를 살펴보았을 때, 지점 기준 서천군, 장수군, 함양군, 강릉시, 금산군, 청송군 등이 높은 비율이 나타났음
- 그러나 상위 20위인 전북 순창군의 지점 포착율이 38.5 % 로 나타나 시군구 지점 기준 포착율은 전반적으로 매우 낮은 수준이었음
- 교통량 기준 포착율은 지점 기준 포착율에 비하여 상당히 높았는데, 80 % 이상의 교통량이 포착되는 시군구가 총 25개이며, 50 % 이상의 교통량 포착율을 보이는 시군구가 총 94개, 상위 20위인 경북 구미시의 조사지점 교통량 포착율이 84.3 %에 달하였음
- 그러나 상위 20위 시군구 중 대부분이 지방권 존으로 나타나 도시지역의 코든라인 교통량 포착율이 지방권에 비해 상대적으로 낮은 것으로 판단됨
- 다음으로 코든 포착율이 낮은 하위 시군구 지역을 검토하였을 때, 전체 시군구중 교통량 포착율 30% 이하의 존은 총 87개로 전체 시군구중 약 35 %로 분석되었음

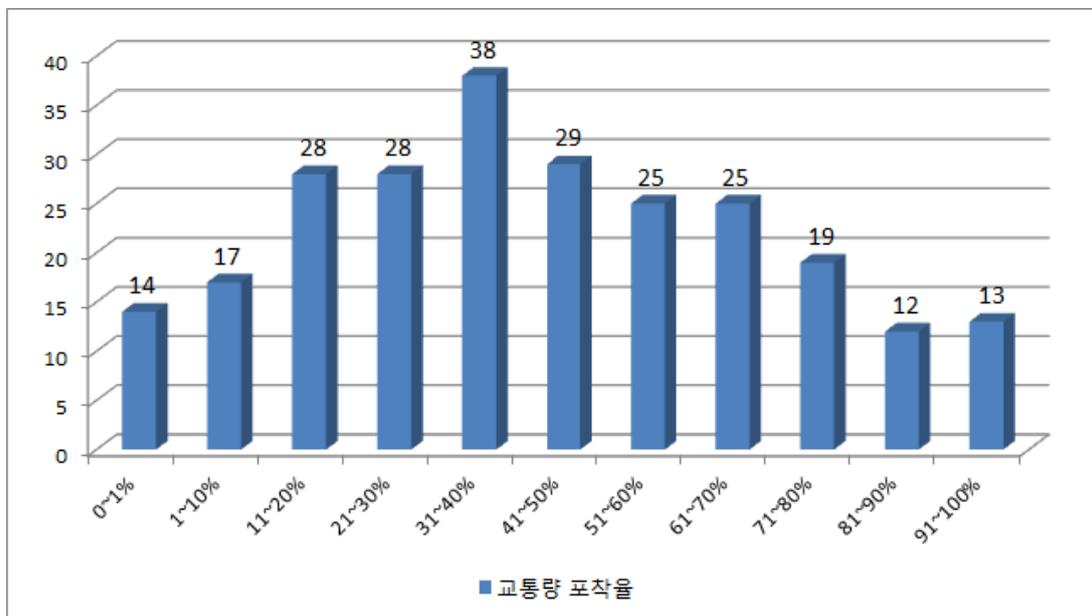
<표 2- 13> 지점 및 교통량 기준 포착율 상위 20 시군구

| 순위 | 지점 기준 (개) | | | | | 교통량 기준 (대) | | | | |
|----|-----------|-----|-----|-----|-------|------------|-----|--------|--------|-------|
| | 시도 | 시군구 | 코든수 | 관측수 | 포착율 | 시도 | 시군구 | 코든량 | 관측량 | 포착율 |
| 1 | 인천 | 강화군 | 1 | 1 | 100% | 인천 | 강화군 | 3,317 | 3,317 | 100% |
| 2 | 강원 | 동해시 | 1 | 1 | 100% | 강원 | 동해시 | 1,721 | 1,721 | 100% |
| 3 | 전남 | 완도군 | 1 | 1 | 100% | 전남 | 완도군 | 1,472 | 1,472 | 100% |
| 4 | 충남 | 서천군 | 5 | 3 | 60.0% | 경남 | 양산시 | 37,376 | 36,495 | 97.6% |
| 5 | 전북 | 장수군 | 16 | 9 | 56.3% | 충북 | 보은군 | 9,767 | 9,294 | 95.2% |
| 6 | 경남 | 함양군 | 16 | 9 | 56.3% | 경북 | 의성군 | 9,696 | 9,142 | 94.3% |
| 7 | 강원 | 강릉시 | 10 | 5 | 50.0% | 강원 | 속초시 | 6,865 | 6,400 | 93.2% |
| 8 | 충남 | 금산군 | 14 | 7 | 50.0% | 강원 | 횡성군 | 12,245 | 11,408 | 93.2% |
| 9 | 경북 | 청송군 | 8 | 4 | 50.0% | 강원 | 태백시 | 1,121 | 1,036 | 92.4% |
| 10 | 전북 | 남원시 | 21 | 10 | 47.6% | 충남 | 당진시 | 20,951 | 19,274 | 92.0% |
| 11 | 강원 | 원주시 | 18 | 8 | 44.4% | 경북 | 문경시 | 17,806 | 16,262 | 91.3% |
| 12 | 강원 | 횡성군 | 18 | 8 | 44.4% | 강원 | 원주시 | 20,862 | 18,983 | 91.0% |
| 13 | 경북 | 영덕군 | 9 | 4 | 44.4% | 전남 | 곡성군 | 9,291 | 8,372 | 90.1% |
| 14 | 부산 | 동구 | 14 | 6 | 42.9% | 전북 | 남원시 | 9,704 | 8,700 | 89.7% |
| 15 | 경북 | 고령군 | 21 | 9 | 42.9% | 충북 | 괴산군 | 14,397 | 12,892 | 89.5% |
| 16 | 전남 | 함평군 | 22 | 9 | 40.9% | 강원 | 화천군 | 1,021 | 907 | 88.8% |
| 17 | 충남 | 부여군 | 20 | 8 | 40.0% | 전북 | 진안군 | 4,690 | 4,118 | 87.8% |
| 18 | 경남 | 창녕군 | 20 | 8 | 40.0% | 경남 | 함안군 | 34,794 | 30,515 | 87.7% |
| 19 | 경남 | 양산시 | 18 | 7 | 38.9% | 충남 | 금산군 | 9,068 | 7,858 | 86.7% |
| 20 | 전북 | 순창군 | 13 | 5 | 38.5% | 경북 | 구미시 | 55,632 | 46,895 | 84.3% |



<그림 2- 13> 교통량포착율 30% 이하 시군구 분포

- 교통량 포착율 30% 이하로 낮게 나타나는 지역이 다수 포함된 지역은 서울특별시와 경기도, 전라남도 등이 있으며, 이중 서울특별시 경우 총 25개 시군구 존 체계에서 20개 존이 포함되는 것으로 나타났음
- <그림 2- 14>과 같이 전체 시군구 존들 중 총 87개 존이 교통량 기준 포착율이 30 % 이하로 나타났으며, 31~40 %, 41~50 % 구간에 속하는 존들이 각각 38개와 29개였음
- 따라서 우리나라 시군구 중 62 % 인 총 154개 시군구가 코든라인 교통량 포착율이 50 % 미만으로 분석되었음



<그림 2- 14> 교통량 기준 코든포착율 존 분포

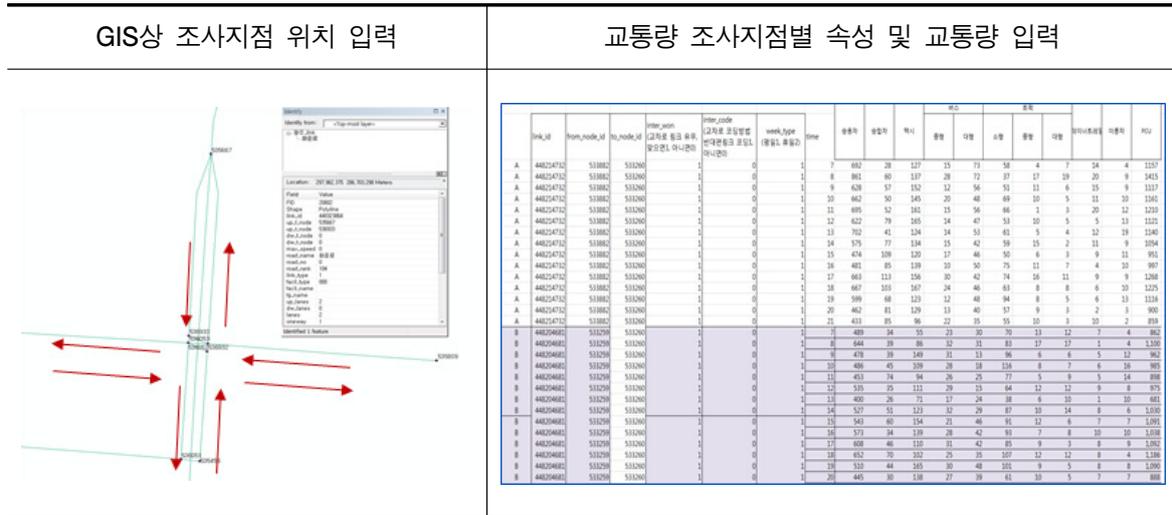
라. 코든라인 교통량 포착 분석결과

- 앞서 수행한 코든라인 기준 포착율 분석결과 현재 수시상시 교통량 지점만으로는 통행수요 검증에 필요한 절대적인 조사지점 수가 확보되지 못하고 있는 것으로 판단됨
- 특히 교통량 기준으로는 시군구 단위로는 포착율이 0% 인 지역은 총 14개 존이며, 교통량 포착률 30% 이하는 87개로 전체 존의 1/3 이상 차지하는 것으로 분석되었음
- 따라서 기존점 통행량 검증을 위한 최소한의 교통량 자료를 수집하기 위해서는 총량적 관점에서 추가적인 교통량 조사지점의 추가가 필요함

6. 교통수요 검증용 교통량 조사지점 선정

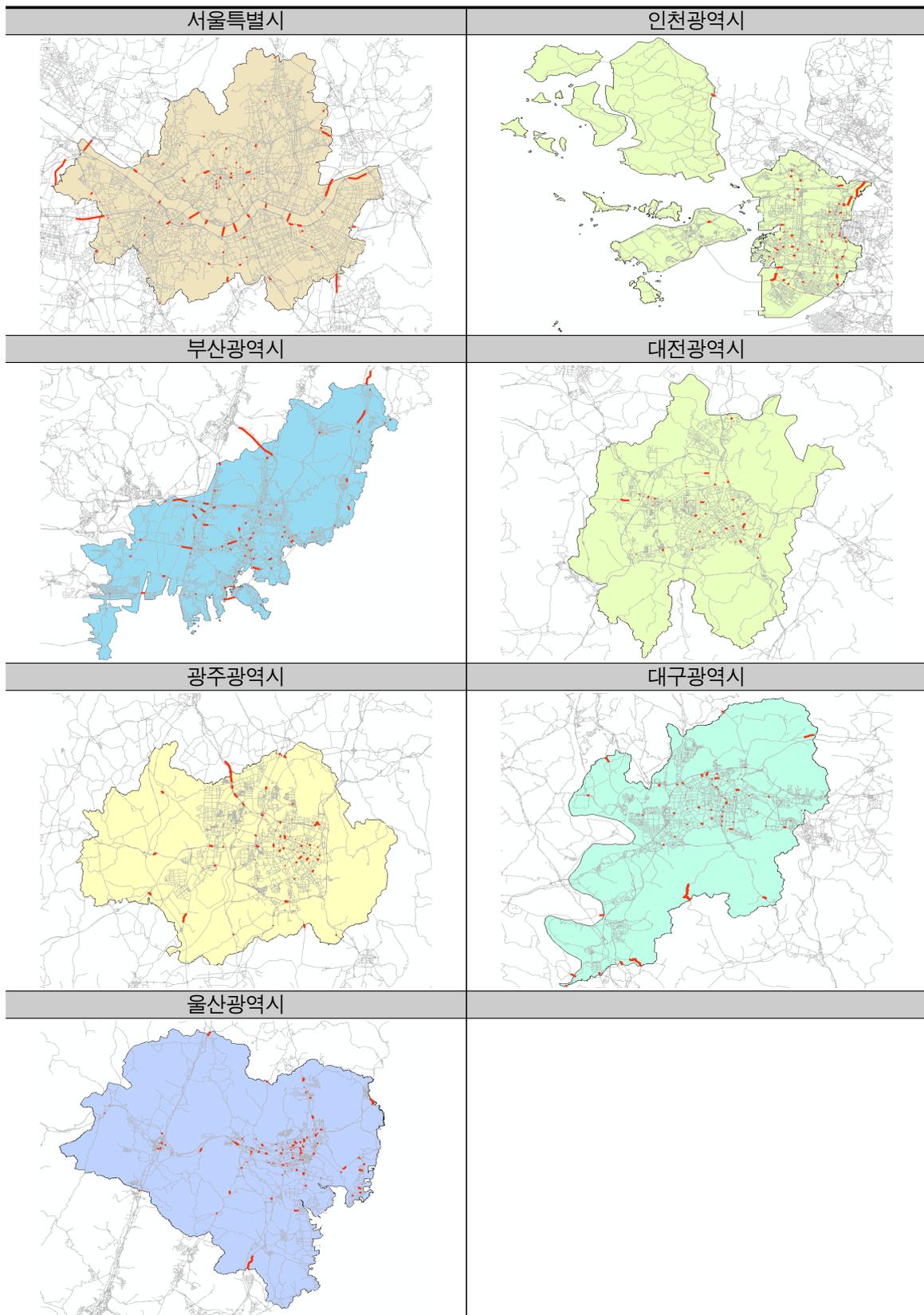
가. 광역지자체 추가 교통량 조사지점 분석

- 본 연구에서는 앞서 언급한 건설기술연구원의 수시·상시 교통량 조사지점의 지점수와 교통량 포착율 부족 및 지역 별 편중을 보완하고자 서울특별시 및 6대 광역권의 교통량 조사지점을 추가하여 교통수요 검증용 교통량 조사지점을 선정하였음
- 서울특별시 및 6대 광역권 교통량 조사자료의 경우 각 지자체별로 관리하였고, 입력 및 데이터 형태가 각기 다르게 구성되었음
- 이에 따라, 각 지자체별 교통량 조사자료를 활용하기 위해서는 <그림 2- 15>과 같이 자료의 코딩과 통합과정이 필요하였음
- 자료의 코딩 및 통합을 통해 629개 교통량 조사지점을 추가 확보하였음
(서울 106, 부산 92, 인천 95, 대전 48, 광주 77, 대구 80, 울산 131)



<그림 2- 15> 서울 및 6대 광역권 교통량 조사지점 코딩

- 추가된 조사지점은 지자체의 간선도로나 교차로에 주로 위치하고 있으며, 링크를 기준으로 1,858개 (편도)가 추가되었음
- 추가된 조사지점은 다음 <그림 2- 16>과 같이 GIS상에 표출하였음



<그림 2- 16> 서울특별시 및 6대광역권의 추가된 교통량 조사지점

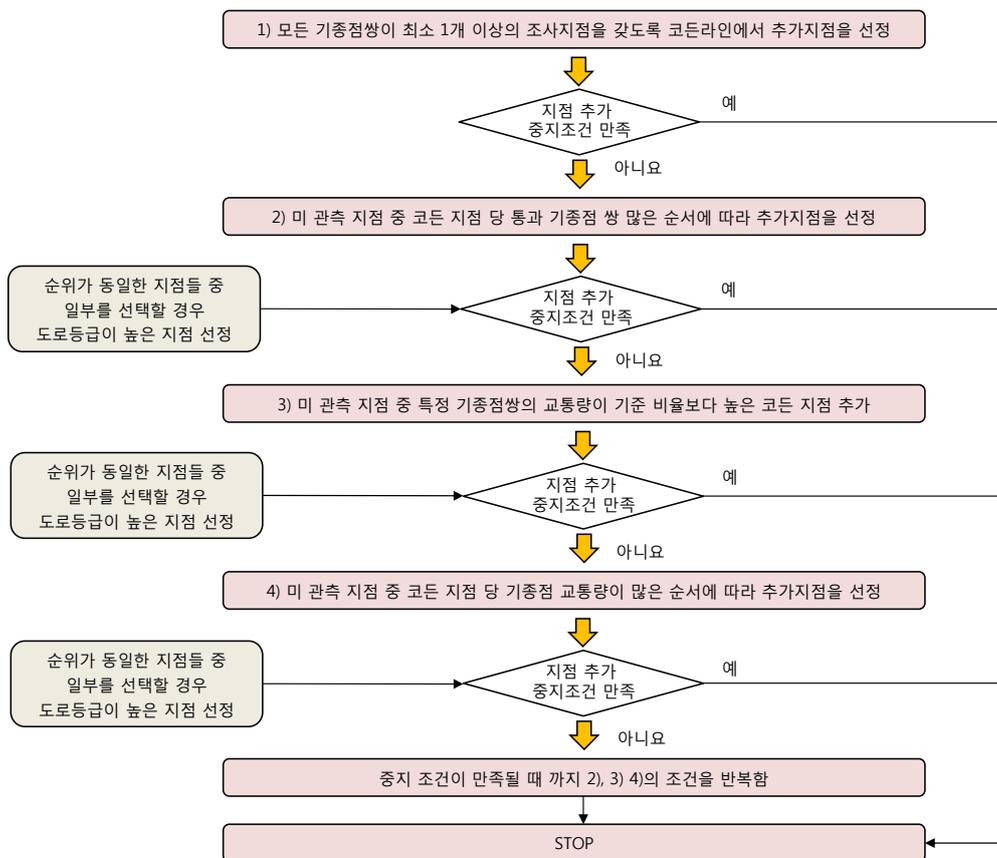
- 하지만, 추가된 서울특별시 및 6대 광역권의 교통량 조사지점(1,858 개)이 존 내부통행을 관측하기 위한 지점이 다수 포함되었기에 본 연구에서는 존 외부통행을 관측할 수 있는 코든 라인 지점만을 교통량 조사지점으로 선정하였음
- 선정된 지점의 적정성을 판단하기 위해 앞서 분석한 방법과 같이 내비게이션 데이터 샘플을 활용하여 지점, 교통량 기준으로 Coverage가 몇 %인지 확인하였음
- 분석 결과, 선정된 교통량 관측지점 은 링크기준 총 345 개로 <표 2-14>과 같이 조사지점 비율로 약 8.5~ 24.7% 추가적으로 확보되었고, 교통량 기준 포착율은 약 19.0~ 48.4%가 확보되었음
- 건설기술연구원의 교통량 조사지점 만으로 분석 할 경우 이러한 지자체의 교통량 관측이 이루어지지 못할 것으로 보임
- 즉, 일반적으로 활용하는 건설기술 연구원의 수시·상시 교통량 조사지점 만으로 교통량을 추정할 경우 서울특별시 및 6대 광역권에 대한 교통량 관측이 미흡할 것으로 판단되며, 본 연구에서 광역지자체 추가 교통량 조사지점을 반영한 것은 합리적으로 판단됨
- 향후 원활한 교통량 관측이 지속적으로 이루어지기 위해서는 건설기술연구원의 수시 상시 교통량 조사지점과 서울특별시 및 6대광역권 교통량 조사지점이 통합 운영되어야 할 필요성이 있는 것으로 판단됨

<표 2- 14> 서울특별시 및 6대 광역권 교통량 조사지점 확보율

| 구분 | 지점기준 | | | 교통량기준 | | |
|----|--------|--------|-------|-----------|-----------|-------|
| | 코든수(개) | 관측수(개) | 포착율 | 코든량(대) | 관측량(대) | 포착율 |
| 서울 | 904 | 77 | 8.5% | 3,947,143 | 751,256 | 19.0% |
| 부산 | 327 | 58 | 17.7% | 1,497,794 | 558,338 | 37.3% |
| 대구 | 254 | 51 | 20.1% | 871,922 | 348,826 | 40.0% |
| 인천 | 283 | 70 | 24.7% | 1,241,269 | 600,646 | 48.4% |
| 광주 | 192 | 31 | 16.1% | 502,260 | 150,575 | 30.0% |
| 대전 | 224 | 28 | 12.5% | 518,740 | 211,565 | 40.8% |
| 울산 | 142 | 30 | 21.1% | 263,430 | 119,942 | 45.5% |
| 합계 | 2,326 | 345 | - | 8,842,558 | 2,741,148 | - |

나. 교통수요 검증을 위한 조사 필요 지점 추가 방법

- 본 연구에서는 교통수요 검증을 위해 총 6가지 선정 기준을 제시한 바 있음
- 이 6가지 중 <그림 2- 17>의 6번째 기준인 모든 조건이 동일하면 상위등급 도로를 조사함이라는 조건은 나머지 5개 조건을 확인한 후 추가되는 마지막 추가 조건임
- 따라서 본 연구에서 교통수요 검증을 위한 지점 선정의 기본 고려사항은 6번의 조건을 제외한 5가지 조건임
- 조사 예산이 충분할 경우 5가지 조건을 모두 만족하도록 최대한의 조사지점을 선정할 수 있으나 현실적으로 국가단위의 교통량 조사지점을 선정하면서 모든 조건이 다 만족되도록 지점을 선정하기는 어려움
- 따라서 본 연구에서는 앞서 제시한 6가지 조건을 어떠한 순서로 적용하여 실제 조사지점을 선정할 것인지 적용 방법을 <그림 2- 17>과 같이 결정하였음



<그림 2- 17> 교통량 조사 지점 추가선정 과정도

- 여러 조사지점 선정 기준 중 수요 검증 관점에서 가장 중요한 기준은 모든 기종점쌍이 최소 하나 이상의 조사지점을 갖도록 코드라인에 추가조사 지점을 선정하는 것임
- 만약 현재 고려중인 조사지점 추가선정 예산이 1)의 조건을 만족하기 위해 필요한 조사지점의 숫자에 비해 작은 경우 기종점 통행량이 많은 순서대로 예산 범위 내에서 조사지점 최대 숫자를 선정하고 과정을 종료함
- 만약 모든 기종점쌍이 하나 이상의 조사지점을 통과하도록 추가 조사지점을 선정하고도 추가로 지점을 선정할 수 있는 경우 남아있는 예산 범위 내에서 미 관측 지점 중 코든 지점당 통과 기종점쌍이 많은 순서에 따라 추가지점을 선정함
- 예산이 충분한 경우 모든 코드라인 지점을 추가할 수 있으나 그렇지 않을 경우 일부를 선정하여야하며, 이 경우 평균적인 지점 당 통과 기종점 쌍 수를 기준으로 평균 이상의 통과 기종점쌍수를 갖지만 현재 조사지점으로 선정되지 않은 지점을 추가함
- 이 경우에도 만약 동일한 순위인 지점이 존재하고 그중 일부를 선택해야 한다면 상위도로 등급의 지점을 추가함
- 2) 과정이 끝난 후에도 추가 지점 선정이 가능한 경우에는 특정 기종점쌍의 통과 교통량이 기준비율보다 높은 지점을 추가 지점으로 선정함
- 예를 들어 미 선정 지점 중 어떤 지점이 특정 기종점 교통량의 비율이 30% 이상인 경우 이 지점을 해당 기종점 쌍의 수요 파악을 위해 꼭 필요한 지점으로 판단하여 추가지점으로 선정할 수 있음
- 이때 설명에 사용한 기준 교통량 비율 30%는 교통망의 특성에 따라 상황에 맞게 선택할 수 있음
- 교통망이 대형인 경우 30% 이하도 기준교통량 비율이 될 수 있고, 소형교통망인 경우 30%보다 기준이 높아야 할 수도 있음
- 마지막으로 3)의 조건을 적용해 추가지점을 선정한 뒤에도 추가 지점 선정이 가능한 경우에는 미관측 지점 중 지점 당 기종점 교통량의 총량이 많은 지점을 추가로 선택함
- 이때 기종점 교통량 총량은 내비게이션 표본 통행량을 기준으로 선정하며 많은 지점의 기준은 현 관측지점의 평균 기종점 교통량에 비하여 많다는 것으로 정의함
- 해당 기준에 의해 추가해야하는 지점이 과다할 경우 기준을 평균보다 상향하여 적용할 수 있음

- 이상의 기준을 적용하여 추가 지점을 선정하더라도 예산이 남아있는 경우 다시 2), 3), 4)를 반복 적용하여 추가지점을 선정할 수 있으며, 이 경우 추가 선정을 위해 각 단계에 적용된 기준을 완화할 수 있음

다. 교통량 조사지점의 위치 검토 및 보정

- 본 연구에서는 교통수요 검증을 위한 조사 필요 지점을 추가 선정함에 있어 기존 건설기술연구원 및 지자체 교통량 조사지점의 기존점 쌍 및 교통량 포착율의 검토하고, 분석된 결과를 바탕으로 추가적으로 필요한 지점을 선정하기에 현재 교통량 조사지점에 대한 위치 및 속성 정보에 대한 신뢰성 확보가 필요함
- 하지만 본 연구의 Lv.6 네트워크에 교통량 조사지점의 위치를 적용하다 보니 네트워크의 세분화로 링크의 I, J 노드가 정확히 매칭(matching)되지 않는 링크가 일부 존재하였음
- 따라서, 이들 조사지점에 대한 위치 및 속성정보를 검토하고 보정하였음
- 즉, <그림 2- 18>과 같이 동일 선상의 링크에 교통량 조사지점이 인접해 있더라도 세분화된 Lv.6 네트워크에서 매칭(matching)이 안되는 지점이 일부 존재하여 교통량 조사지점의 위치 및 속성 정보를 검토·보정하여 최종적으로 1,156개 교통량 조사지점(건설기술연구원 수시·상시 조사지점 + 지자체 관측지점)을 확보하였음



<그림 2- 18> 교통량 조사지점 검토 필요 지점

라. 기종점 교통량 포착을 위한 최소 조사지점 선정

- 기종점 교통량 포착을 위한 최소 조사지점 선정의 경우 모든 기종점쌍이 최소한 1개 이상의 조사지점을 갖도록 코든라인 조사지점을 추가하는 기준을 의미함
- 이를 위해 본 연구에서는 먼저 현재 1,156개 교통량 조사지점의 기종점 교통량 포착율이 어느 정도 되는지 검토하기 위해 내비게이션 자료를 활용하여 분석하였음
- 즉, 이 검토에서는 기종점 쌍 전체 값에 대한 교통량 조사지점의 기종점 쌍 포착율이 아닌 개별 기종점 쌍의 포착 유무만을 검토하게 됨
- 분석결과 내비게이션 자료 (2014년 10월 13일치 집계자료)에 의해 확인된 총 기종점 쌍 41,567개중 41,507개가 현 관측지점으로는 약 99.84 %의 기종점쌍이 파악되는 것으로 나타났다
- 본 연구의 기종점 교통량 포착을 조사지점 선정의 방법 중 첫 번째 규칙 ‘모든 기종점쌍이 최소한 1개 이상의 조사지점을 갖도록 함’에 따라 나머지 0.16 %, 60개의 기종점쌍을 파악할 수 있도록 조사지점 추가가 필요함
- 분석 결과, 교통량 조사지점에서 미관측 된 기종점쌍은 기종·종점 기준 모두 경상북도가 가장 많은 것으로 나타났고, 다음으로 전남과 충북등 지방부 기종점쌍이 대부분을 차지하는 것으로 나타남
- 다음으로, 본 연구에서 첫 번째 규칙을 만족하기 위해 내비게이션 자료를 활용하여 미관측 된 기종점 쌍 (60개)의 차량 통행 궤적을 검토하였고, 이들 차량들이 통과하는 링크 중 코든라인 만을 추출하여 분석한 결과 <표 2- 15>와 같이 총 25개의 조사지점을 추가할 경우 미 포착 기종점 쌍 60개를 모두 포착할 수 있는 것으로 나타남

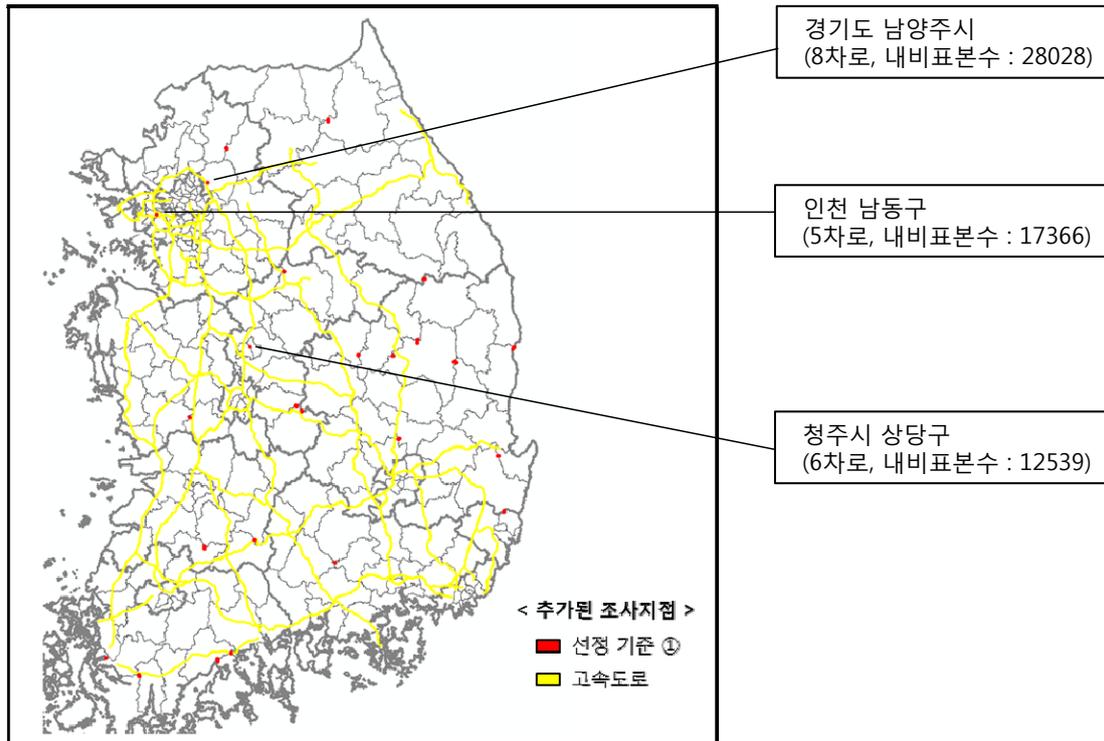
<표 2- 15> 미포착 기종점쌍 검지를 위한 조사지점 추가결과

| 시도합계 | 추가지점 수 | 교통량 | OD쌍수 |
|------|--------|--------|--------|
| 서울 | 0 | 0 | 0 |
| 부산 | 0 | 0 | 0 |
| 대구 | 0 | 0 | 0 |
| 인천 | 1 | 17,336 | 2,448 |
| 광주 | 0 | 0 | 0 |
| 대전 | 0 | 0 | 0 |
| 울산 | 0 | 0 | 0 |
| 경기 | 2 | 29,043 | 3,844 |
| 강원 | 1 | 87 | 52 |
| 충북 | 3 | 16,143 | 1,551 |
| 충남 | 1 | 2,899 | 452 |
| 전북 | 2 | 1,249 | 408 |
| 전남 | 4 | 9,527 | 1,390 |
| 경북 | 10 | 17,678 | 3,642 |
| 경남 | 1 | 1,648 | 490 |
| 합계 | 25 | 95,610 | 14,277 |

- 추가된 25개 지점은 경북이 10개 지점이 추가되어 가장 많았고 다음으로 전남이 3곳, 충북이 2곳 등이었음
- 조사지점의 중요도를 보면 경기 및 인천의 추가 조사지점들이 내비게이션 표본 숫자가 많아 상대적으로 중요한 조사지점으로 추정됨
- <표 2- 16>는 전체 25개 추가지점의 위치와 차로수, 내비 표본량 등을 제시함
- <그림 2- 19>은 추가된 교통량 조사 지점의 분포를 공간적으로 보여주고 있는데, 특징적인 사실은 경상북도와 강원도의 경우 고속도로와는 거리가 먼 지역내 단거리 통행을 포착할 수 있는 지점들이 주로 추가가 필요한 반면, 나머지 지역들에서는 고속도로 주변에서 주로 조사 지점들이 추가되었다는 점임

<표 2- 16> 미포착 기종점쌍 검지를 위한 25개 추가조사지점 개요

| 관측지점 | 차로수(양방향) | 존번호 | volume | OD_pairs | 시도 | 시군구 |
|-----------|----------|-----|--------|----------|----|--------|
| 764401272 | 4 | 226 | 1,374 | 451 | 경북 | 울진군 |
| 663401075 | 4 | 224 | 2,176 | 719 | 경북 | 예천군 |
| 576241794 | 4 | 148 | 3,328 | 990 | 충북 | 음성군 |
| 583311610 | 4 | 114 | 1,015 | 269 | 경기 | 포천시 |
| 533604656 | 4 | 191 | 1,748 | 300 | 전남 | 보성군 |
| 434615862 | 6 | 196 | 5,356 | 542 | 전남 | 영암군 |
| 545601712 | 2 | 172 | 298 | 85 | 전북 | 남원시 |
| 557811072 | 2 | 212 | 132 | 82 | 경북 | 상주시 |
| 743800970 | 4 | 206 | 6,688 | 833 | 경북 | 경주시 |
| 677100438 | 2 | 225 | 45 | 31 | 경북 | 봉화군 |
| 542602390 | 4 | 179 | 951 | 323 | 전북 | 순창군 |
| 533600710 | 2 | 190 | 118 | 43 | 전남 | 고흥군 |
| 641503364 | 4 | 249 | 1,648 | 490 | 경남 | 합천군 |
| 572802002 | 8 | 98 | 28,028 | 3,575 | 경기 | 남양주시 |
| 477653863 | 5 | 54 | 17,336 | 2,448 | 인천 | 남동구 |
| 681500758 | 2 | 133 | 87 | 52 | 강원 | 양구군 |
| 564413636 | 6 | 137 | 12,539 | 440 | 충북 | 청주시상당구 |
| 551704859 | 4 | 156 | 2,899 | 452 | 충남 | 논산시 |
| 557811005 | 2 | 144 | 276 | 121 | 충북 | 영동군 |
| 436501450 | 4 | 195 | 2,305 | 505 | 전남 | 해남군 |
| 753401747 | 2 | 204 | 2,368 | 275 | 경북 | 포항시남구 |
| 668300474 | 2 | 217 | 815 | 237 | 경북 | 청송군 |
| 666502211 | 4 | 208 | 704 | 193 | 경북 | 안동시 |
| 655602116 | 4 | 223 | 1,659 | 361 | 경북 | 칠곡군 |
| 665410968 | 4 | 224 | 1,717 | 460 | 경북 | 예천군 |



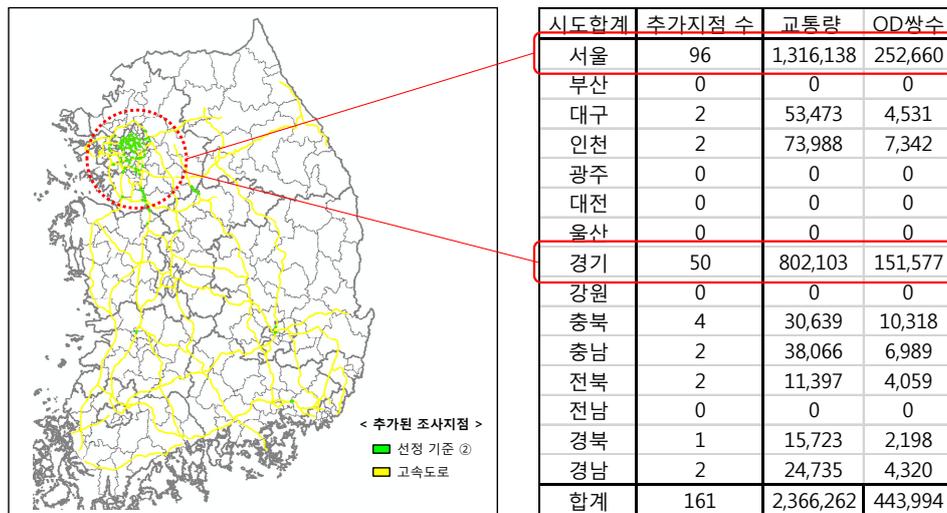
<그림 2-19> 미포착 기종점 검지를 위한 조사지점 분포

- 최종적으로 기존 교통량 조사지점 1,156개에 미관측 기종점 쌍 관측을 위한 지점 25개를 추가하여 1,181개 지점에서 모든 기종점 쌍 (41,567 쌍)이 최소한 1개 이상의 조사지점을 갖도록 하였음
- 25개 조사지점을 추가한 결과 전체 코든라인에서의 교통량 포착율은 추가 전 36.04 (%)에서 36.60 (%)로 증가하였으며, OD쌍 포착율의 경우 37.84 (%)에서 38.32 (%)로 증가하였음
- 지점수 기준으로는 전체 코든라인 중 추가 전 17.71 (%)에서 조사가 이루어지던 것이, 추가 후 18.09 (%)로 코든라인 조사율이 증가함

마. 조사지점 추가 1차 반복계산 결과

- 앞서 조사지점 선정 방법론에서 밝힌바와 같이 본 연구에서 제시한 조사지점 선정 방법론에서는 먼저 모든 기종점쌍이 최소한 하나 이상의 조사지점을 갖도록 조사지점을 선정함
- 그 다음 단계로는 가장 통과 기종점 쌍의 숫자가 많은 지점들을 추가하고, 세 번째 단계에서는 조사 지점 중 특정 기종점쌍이 매우 높은 점유율을 기록하는 조사지점을 추가하며, 네 번째 마지막 단계에서는 지점을 통과하는 내비게이션 표본량이 많은 지점들을 조사지점에 추가함

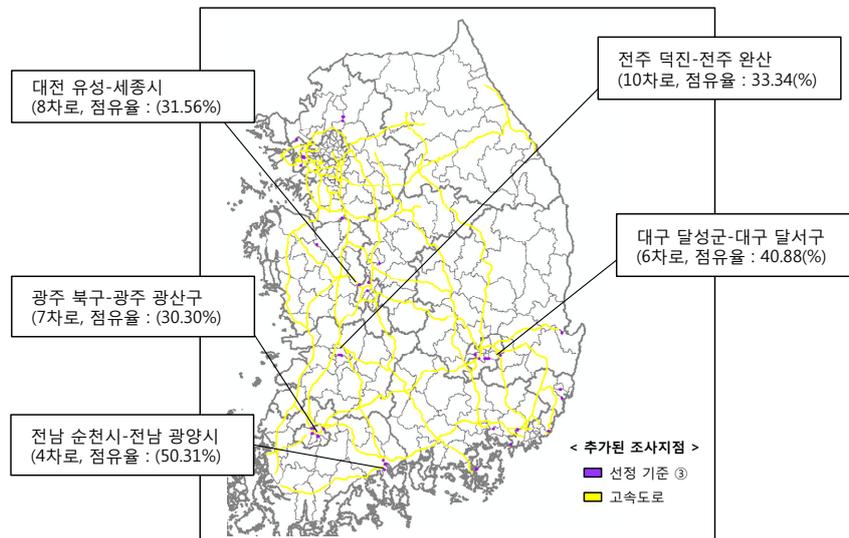
- 단, 조사 지점 추가 시 어느 정도의 조사지점이 추가되어야 하는지에 대한 기준이 없기 때문에 본 연구에서는 한번에 다수의 지점을 추가하지 않고 순차적으로 소량의 지점들을 추가하는 작업을 반복하도록 알고리즘을 설계함
- 그러나 이중 1단계인 기종점 쌍 최소 1회 포착을 위한 지점 선정이나 3번째 단계인 특정 기종점쌍이 특정 비율이상을 점유한 조사지점에 대한 추가 작업의 경우 기준을 만족하는 모든 지점들을 한번에 추가하기 때문에 반복 추가과정이 필요가 없음
- 따라서 1차 반복계산의 경우 4단계 과정을 모두 시행하였으며, 이후에는 기종점쌍과 내비게이션 표본량이 많은 지점에 대하여 미조사 전체 코든라인 지점의 상위 3(%)를 추가하는 작업을 반복하였음
- 따라서 1차 반복계산의 2단계에서는 각 지점별 통과 기종점쌍의 숫자를 고려한 지점 선정을 시행하였음
- 상위 3 (%)에 대한 추가 결과 161개 지점이 <그림 2- 20>와 같이 추가되었음
- 추가된 지점들은 주로 수도권에 집중되어 있으며, 그밖에 지방권에 일부 지점들이 추가되었음



<그림 2- 20> 통과 기종점쌍 기준 조사지점 1차 추가 분포

- 전체 161개 지점 중 가장 많은 지점이 추가된 지역은 서울로서 총 96개 지점이 추가되었고, 다음으로 많은 추가 조사지점이 위치한 지역은 경기도로서 50개 지점이 추가되었음
- 그밖에 충북이 4곳, 대구와 인천, 충남, 전북, 경남이 각 2곳이 추가되었음
- 이상의 분석 내용을 보면 대도시 코든라인에 위치한 지점들이 많이 추가된 것을 알 수 있는데, 그 이유는 대도시의 경우 동일 면적에 대해 상대적으로 많은 존들이 위치하고 있기 때문에 기종점 쌍의 숫자도 더 많기 때문이라 추정됨

- 통과 기종점 쌍 상위 3(%)에 해당하는 161개 지점을 추가한 결과 교통량 포착율은 추가 전 36.60 (%)에서 50.35 (%)로 크게 증가하였음
- 통과 OD 쌍 포착율 역시 관측지점 추가 전 38.32 (%)에서 53.04 (%)로 크게 증가하였음
- 1차 반복계산에서만 수행되는 특정 기종점쌍이 특정 링크 통과 교통량에서 차지하는 비율이 일정 수준 이상인 경우 조사지점으로 선정하는 분석을 실시한 결과 총 42개 지점이 추가되었음
- 이때 선정에 사용된 기준은 코든라인에서 통과 내비게이션 표본수가 2000개 이상이고 특정 1개 기종점쌍이 차지하는 비율이 30(%) 이상인 지점임
- <그림 2- 21>은 선정된 42개 지점의 공간적인 분포를 보여주고 있음



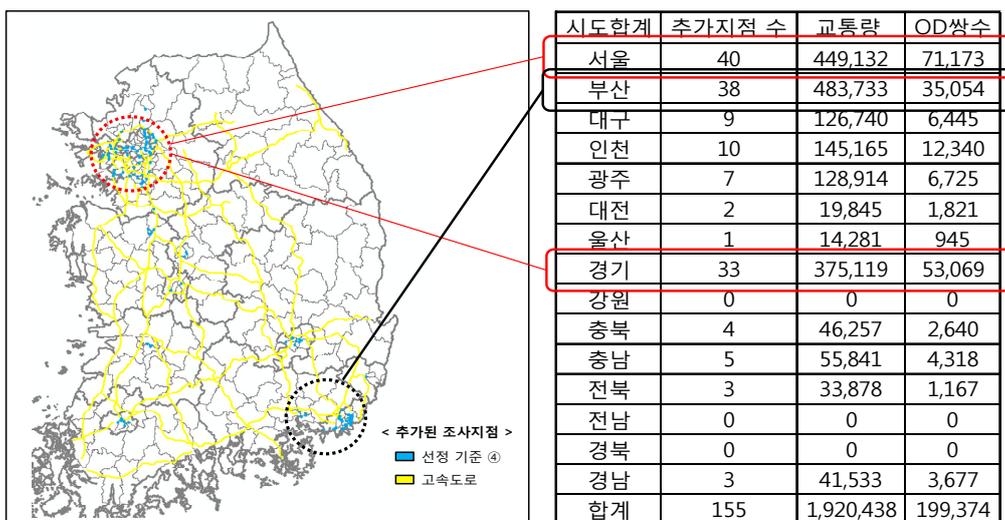
<그림 2- 21> 특정 기종점쌍의 고 점유율 코든라인 분포

- <그림 2- 21>에서는 상당히 특징적인 사실이 발견되는데 많은 지점들이 대도시의 코든라인 상에 위치한다는 점이며, 그 분포도 전국적으로 고르게 나타나고 있음
- <표 2- 17>에서는 특정 기종점쌍이 30 (%)이상을 차지하는 링크 지점들의 시군구 위치와 해당 기종점의 기점과 종점 및 점유율을 제시하였음
- 단일 기종점 교통량이 가장 점유율이 높았던 코든라인은 전남 광양시에 위치한 6차로 도로이며, 이 지점의 경우 전남 순천시에서 전남 광양시로 진행하는 기종점 통행이 전체 내비게이션 표본량 중 50.31 (%)를 차지하고 있음

<표 2- 17> 미포착 기종점쌍 검지를 위한 42개 추가조사지점 개요

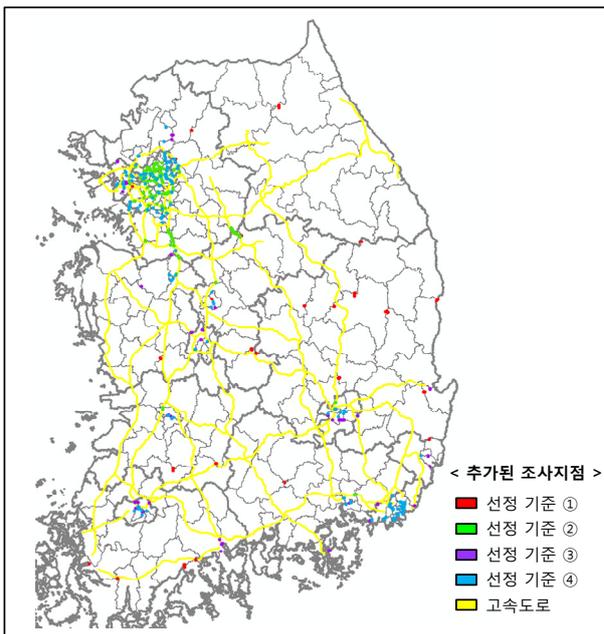
| 링크 ID | 차로수 | 내비 표본수 | 존번호 | 시도 | 시군구 | 기점- 시군구 | 종점- 시군구 | 점유율 |
|-----------|-----|-----------|-----|----|--------|------------|------------|--------|
| 551211099 | 10 | 18857 | 167 | 전북 | 전주시완산구 | 전주시덕진구 | 전주시완산구 | 33.34% |
| 563203892 | 8 | 12281 | 68 | 대전 | 유성구 | 유성구 | 세종특별자치시 | 31.56% |
| 476845882 | 4 | 11968 | 57 | 인천 | 서구 | 김포시 | 서구 | 31.89% |
| 447314612 | 7 | 10378 | 63 | 광주 | 북구 | 북구 | 광산구 | 30.30% |
| 564120783 | 8 | 10056 | 68 | 대전 | 유성구 | 유성구 | 서구 | 33.76% |
| 743700428 | 9 | 9675 | 71 | 울산 | 남구 | 중구 | 남구 | 30.39% |
| 581244123 | 6 | 9663 | 82 | 경기 | 의정부시 | 포천시 | 의정부시 | 33.25% |
| 656206907 | 9 | 9260 | 214 | 경북 | 경산시 | 수성구 | 경산시 | 30.29% |
| 447317365 | 10 | 8511 | 64 | 광주 | 광산구 | 북구 | 광산구 | 30.72% |
| 467506167 | 4 | 7978 | 164 | 충남 | 예산군 | 예산군 | 아산시 | 30.27% |
| 551306356 | 6 | 7697 | 167 | 전북 | 전주시완산구 | 전주시덕진구 | 전주시완산구 | 37.47% |
| 753509332 | 7 | 7253 | 204 | 경북 | 포항시남구 | 포항시북구 | 포항시남구 | 33.28% |
| 535810798 | 4 | 6929 | 184 | 전남 | 순천시 | 광양시 | 순천시 | 44.03% |
| 655205482 | 6 | 6695 | 48 | 대구 | 달서구 | 달서구 | 달성군 | 33.87% |
| 742301902 | 6 | 6632 | 34 | 부산 | 해운대구 | 기장군 | 해운대구 | 35.41% |
| 564201002 | 6 | 6006 | 68 | 대전 | 유성구 | 유성구 | 대덕구 | 32.59% |
| 634704973 | 4 | 5991 | 234 | 경남 | 통영시 | 통영시 | 거제시 | 31.21% |
| 476558922 | 5 | 5832 | 54 | 인천 | 남동구 | 연수구 | 남동구 | 32.20% |
| 648309550 | 4 | 5399 | 236 | 경남 | 김해시 | 강서구 | 김해시 | 35.04% |
| 561847162 | 4 | 5344 | 89 | 경기 | 평택시 | 평택시 | 천안시서북구 | 30.52% |
| 654305103 | 6 | 5023 | 49 | 대구 | 달성군 | 달성군 | 달서구 | 40.14% |
| 646326346 | 6 | 5018 | 229 | 경남 | 창원시성산구 | 창원시성산구 | 창원시의창구 | 32.22% |
| 447320191 | 4 | 4927 | 64 | 광주 | 광산구 | 광산구 | 장성군 | 31.17% |
| 654305763 | 6 | 4916 | 48 | 대구 | 달서구 | 달성군 | 달서구 | 40.88% |
| 565402418 | 6 | 4846 | 137 | 충북 | 청주시상당구 | 청주시흥덕구 | 청주시상당구 | 31.21% |
| 535806850 | 4 | 4842 | 186 | 전남 | 광양시 | 순천시 | 광양시 | 50.31% |
| 654303133 | 4 | 4745 | 49 | 대구 | 달성군 | 달성군 | 달서구 | 39.54% |
| 647203159 | 6 | 4620 | 37 | 부산 | 강서구 | 강서구 | 창원시진해구 | 31.05% |
| 448217531 | 8 | 4604 | 61 | 광주 | 서구 | 북구 | 서구 | 30.57% |
| 476602540 | 4 | 4571 | 54 | 인천 | 남동구 | 부평구 | 남동구 | 30.34% |
| 476602539 | 4 | 4555 | 55 | 인천 | 부평구 | 부평구 | 남동구 | 30.08% |
| 743602006 | 6 | 4549 | 74 | 울산 | 울주군 | 울주군 | 남구 | 34.58% |
| 535813204 | 4 | 4437 | 184 | 전남 | 순천시 | 광양시 | 순천시 | 39.13% |
| 535813196 | 4 | 4430 | 184 | 전남 | 순천시 | 광양시 | 순천시 | 39.11% |
| 476600191 | 4 | 4386 | 55 | 인천 | 부평구 | 남동구 | 부평구 | 30.27% |
| 535705020 | 2 | 4190 | 184 | 전남 | 순천시 | 순천시 | 여수시 | 37.16% |
| 448319616 | 7 | 4156 | 187 | 전남 | 담양군 | 북구 | 담양군 | 35.86% |
| 535705018 | 2 | 4069 | 183 | 전남 | 여수시 | 여수시 | 순천시 | 39.81% |
| 551213419 | 6 | 4061 | 168 | 전북 | 전주시덕진구 | 전주시덕진구 | 전주시완산구 | 31.68% |
| 581249798 | 2 | 2484 | 113 | 경기 | 양주시 | 양주시 | 포천시 | 32.37% |
| 655216136 | 3 | 2436 | 47 | 대구 | 수성구 | 수성구 | 달서구 | 32.68% |
| 581246778 | 2 | 2399 | 114 | 경기 | 포천시 | 포천시 | 양주시 | 35.18% |

- 그밖에 대구시 2개 지점과 전남 순천시 1개 지점이 단일 기종점 통행량이 지점 교통량 중 40 (%) 이상을 점유하고 있음
- 앞서 언급하였지만 대부분의 지점들을 검토하면 지점 위치는 인천, 대구, 광주, 전주, 부산 등 지방 대도시들과 그밖에 순천, 통영, 김해, 여수 등의 도시들에 위치하고 있음
- 또 이 지점들에서 30(%) 이상을 점유하는 통행량 역시 해당 지역에 인접한 준으로 진행되는 단거리 통행인 것으로 분석됨
- 따라서 특정 기종점 교통량의 점유율이 높은 지점들을 조사하면 해당 지점을 조사하는 경우 점유율이 높은 기종점의 교통량 총량 포착이 용이하기 때문에, <표 2-17>에 제시된 42개 지점이 추가되면 주 점유 기종점 교통량의 총량 파악에는 도움이 될 것임
- 그러나 이 지점 추가는 그 이외의 기종점 교통량을 추정하는데 큰 영향을 주지 못할 수 있음
- 42개 지점을 추가한 결과 교통량 포착율은 50.35 (%)에서 51.89 (%)로 소폭 증가하였으며, OD쌍 포착율의 경우에도 53.04 (%)에서 53.77 (%)로 증가함
- 조사지점 선정 첫 번째 반복계산의 가장 마지막 4단계는 내비게이션 표본수가 많은 상위 3 (%) 지점을 추가하는 것임
- 이 기준은 내비게이션 표본이 많을 경우 통과 교통량도 많은 것이라는 가정하에 교통량이 많은 것으로 추정되나 현재는 교통량 조사가 이루어지지 않는 지점을 찾아내기 위한 단계임
- 선정 결과 총 155개 지점이 선정되었으며, 선정된 지점의 공간적인 분포는 <그림 2- 22>과 같음
- <그림 2- 22>에서 확인되는바와 같이 통과 표본 기준으로 선정된 지점은 대도시 중심으로 선정되었음을 알 수 있음



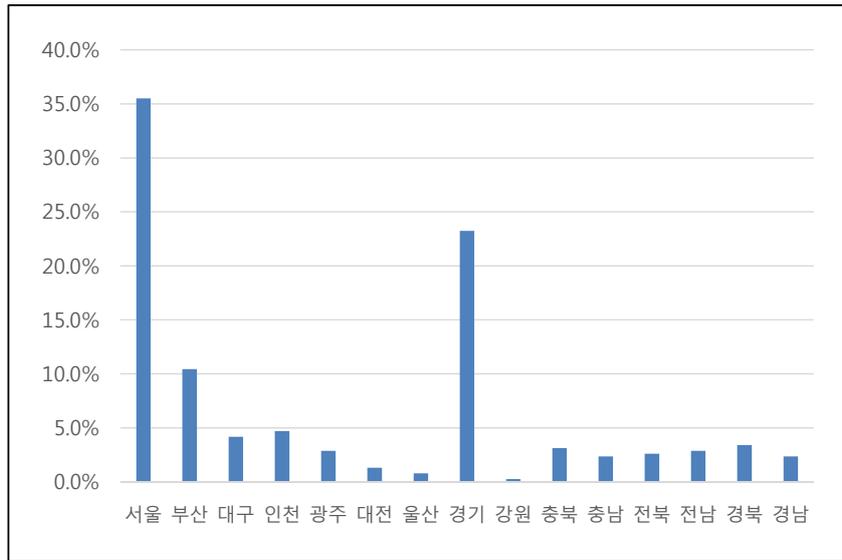
<그림 2- 22> 내비게이션 통과 표본수 기준 선정 조사지점 분포

- 통과 기종점 쌍 숫자를 기준으로 선정된 지점들과 비교하였을 때 서울에서 선정된 지점의 숫자가 가장 많다는 점은 동일하지만, 부산이 38개 지점, 인천이 10개 지점이 선정되는 등 서울 및 경기 외 다른 지점의 선정량이 상당하다는 차이가 있음
- 그밖에 대구 9개 지점, 광주 7개 지점, 충남과 충북이 각각 5개 및 4개 지점으로서 지방에서 고르게 지점이 선정되었음
- 총 155개 지점 추가 결과 교통량 포착율은 51.89 (%)에서 63.05 (%)로 증가하였으며, OD 쌍 포착율 기준으로는 53.77 (%)에서 60.38 (%)으로 향상되었음
- 종합적으로 1차 반복계산에 의한 교통량 조사지점 선정 결과를 정리하면 총 383개 지점이 선정되었으며, 이중 통과 기종점 쌍 기준으로 161개, 통과 표본수 기준으로 155개가 선정되어 대다수를 차지하였음
- 1차 반복계산에서 선정된 지점들의 위치를 분석해보면 서울 및 경기 지역이 대다수를 차지하고 있으며, 그밖에 부산이 40개 지점, 대구 및 광주를 비롯한 지방 도시들이 10여개씩 추가되었음



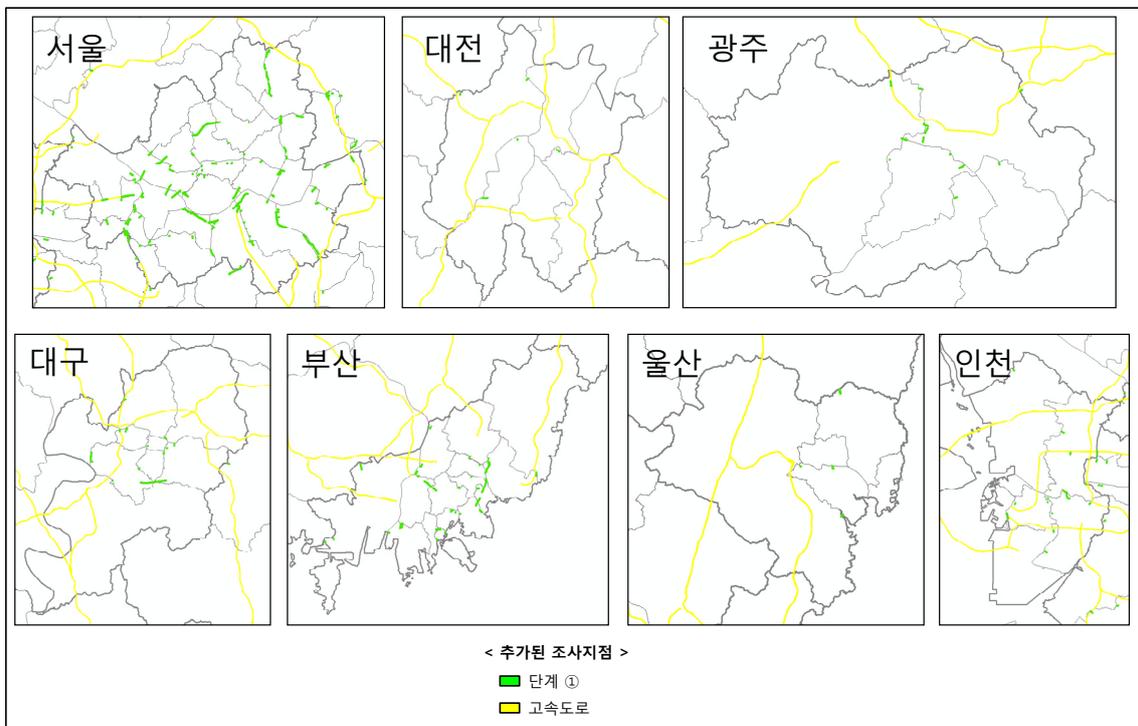
| 시도합계 | 추가지점 수 | 교통량 | OD쌍수 |
|------|--------|-----------|---------|
| 서울 | 136 | 1,765,270 | 323,833 |
| 부산 | 40 | 494,985 | 36,229 |
| 대구 | 16 | 204,028 | 12,586 |
| 인천 | 18 | 267,801 | 25,140 |
| 광주 | 11 | 157,334 | 8,195 |
| 대전 | 5 | 48,188 | 3,925 |
| 울산 | 3 | 28,505 | 1,668 |
| 경기 | 89 | 1,226,155 | 211,083 |
| 강원 | 1 | 87 | 52 |
| 충북 | 12 | 97,885 | 14,870 |
| 충남 | 9 | 104,784 | 12,490 |
| 전북 | 10 | 77,139 | 6,708 |
| 전남 | 11 | 42,580 | 5,892 |
| 경북 | 13 | 49,914 | 6,858 |
| 경남 | 9 | 84,324 | 10,255 |
| 합계 | 383 | 4,648,979 | 679,784 |

<그림 2- 23> 시도별 1차 추가조사지점 배정 분포



<그림 2- 24> 시도별 1차 추가조사지점 배정 비율

- <그림 2- 24>은 383개 추가지점이 광역시도별로 배정된 비율을 제시함
- 비율을 보면 서울이 35.5(%), 경기도가 전체 지점의 23.2(%)였음
- 도시지역 내 지점 선정수가 많기 때문에 보다 상세한 위치를 확인하기 위해 광역시별로 상세하게 위치를 확인하였음



<그림 2- 25> 주요 대도시 1차 조사지점 선정 위치

- <그림 2- 25>을 보면 서울지역의 경우 주요 행정구간의 코든라인 상의 도로들에서 다수의 교통량 추가 조사가 필요함을 알 수 있음
- 1차 선정 결과 총 383개에 의하여 교통량 포착율은 36.04 (%)에서 63.05 (%), 기종점쌍 포착율은 37.84 (%)에서 60.38 (%)로 크게 향상되었음
- 좀 더 상세한 포착율의 확인을 위하여 시도별로 평균 포착율을 확인하였음
- 분석결과 통과 표본수 기준으로 보면 부산과 인천이 각각 70.3 (%)와 70.0 (%)로서 평균에 비하여 매우 높은 포착율을 기록하였음
- 서울의 경우 평균적인 수준인 63.8(%)의 포착율을 기록하였으며, 기종점쌍 포착율로는 여전히 평균인 60.4 (%)에 비하여는 낮은 포착율을 기록해 1차 조사지점 선정에서 서울에 많은 조사지점이 배정되었음에도 불구하고 포착율은 평균 수준이거나 평균보다 낮은 수준으로 나타남
- 통과 표본수 기준으로는 전국에서 충남이 가장 낮은 48.1 (%)를 기록하였고, 통과 OD 쌍수로는 광주가 52.3 (%)로서 가장 낮은 포착율을 나타냄

<표 2- 18> 1차 조사지점 선정 후 시도내 시군구 평균 포착율

| 시도 | 표본수 기준 | | | OD쌍 수 기준 | | |
|----|--------|------------|------------|----------|-----------|-----------|
| | 평균 포착율 | 코든 표본수 | 관측 표본수 | 평균 포착율 | 코든 표본수 | 관측 표본수 |
| 서울 | 63.8% | 3,947,143 | 2,516,526 | 55.0% | 850,382 | 467,445 |
| 부산 | 70.3% | 1,497,794 | 1,053,323 | 60.1% | 142,527 | 85,687 |
| 대구 | 63.4% | 871,922 | 552,854 | 62.4% | 89,900 | 56,097 |
| 인천 | 70.0% | 1,241,269 | 868,447 | 67.6% | 155,506 | 105,074 |
| 광주 | 61.3% | 502,260 | 307,909 | 52.3% | 40,400 | 21,148 |
| 대전 | 50.1% | 518,740 | 259,753 | 57.3% | 70,724 | 40,520 |
| 울산 | 56.4% | 263,430 | 148,447 | 55.4% | 26,501 | 14,693 |
| 경기 | 65.5% | 5,132,845 | 3,364,189 | 64.0% | 983,985 | 629,771 |
| 강원 | 59.3% | 108,374 | 64,263 | 56.9% | 29,573 | 16,826 |
| 충북 | 57.0% | 544,603 | 310,414 | 69.0% | 113,011 | 77,987 |
| 충남 | 48.1% | 639,484 | 307,512 | 54.3% | 124,831 | 67,757 |
| 전북 | 52.2% | 533,449 | 278,291 | 63.4% | 99,724 | 63,190 |
| 전남 | 59.6% | 263,146 | 156,710 | 56.6% | 55,756 | 31,571 |
| 경북 | 63.1% | 520,304 | 328,513 | 65.5% | 126,885 | 83,118 |
| 경남 | 53.5% | 628,970 | 336,342 | 56.7% | 106,519 | 60,351 |
| 합계 | 63.1% | 17,213,733 | 10,853,493 | 60.4% | 3,016,224 | 1,821,235 |

- 수치를 통해 확인할 수 있듯 기존에 1156개 조사지점에 의해 30 (%) 수준의 포착율이 기록된 반면, 추가 383개 지점에 의해 두 배에 가까운 포착율 향상이 있었다는 것은 선정된 조사지점들이 수요패턴 포착에 매우 적합한 지점들임을 알 수 있음
- 이에 대한 좀 더 상세한 검증을 위해 1차 반복계산 결과를 기초로 본 연구에서 제시된 조사지점 선정 방법의 타당성을 개별적으로 분석하였음
- 현재 건설기술 연구원 조사지점 중 코든라인 조사지점인 1156개 기준으로 교통량 포착율은 36.04(%), 통과 기종점 쌍 포착율은 37.84 (%) 였음
- 이를 기존 조사지점수인 1156으로 나누면 <표 2- 19>에 제시한 바와 같이 기존 조사지점은 평균 1개당 교통량 포착율의 경우 0.031 (%), 기종점 쌍 기준으로는 0.033 (%)의 값 향상이 있음을 알 수 있음
- 반면 본 연구에서 제시한 선정 방법을 따를 경우 특정 기종점 쌍을 대상으로 선정된 1번과 4번 기준을 제외하면, 통과 기종점 쌍수를 기준으로 선정한 2번 기준의 경우 1개 지점 추가당 교통량 포착율은 0.085 (%), 기종점 쌍 포착율은 0.091 (%) 증가하여 약 3배 정도 기존 지점에 비하여 포착 효율이 높은 것으로 나타남

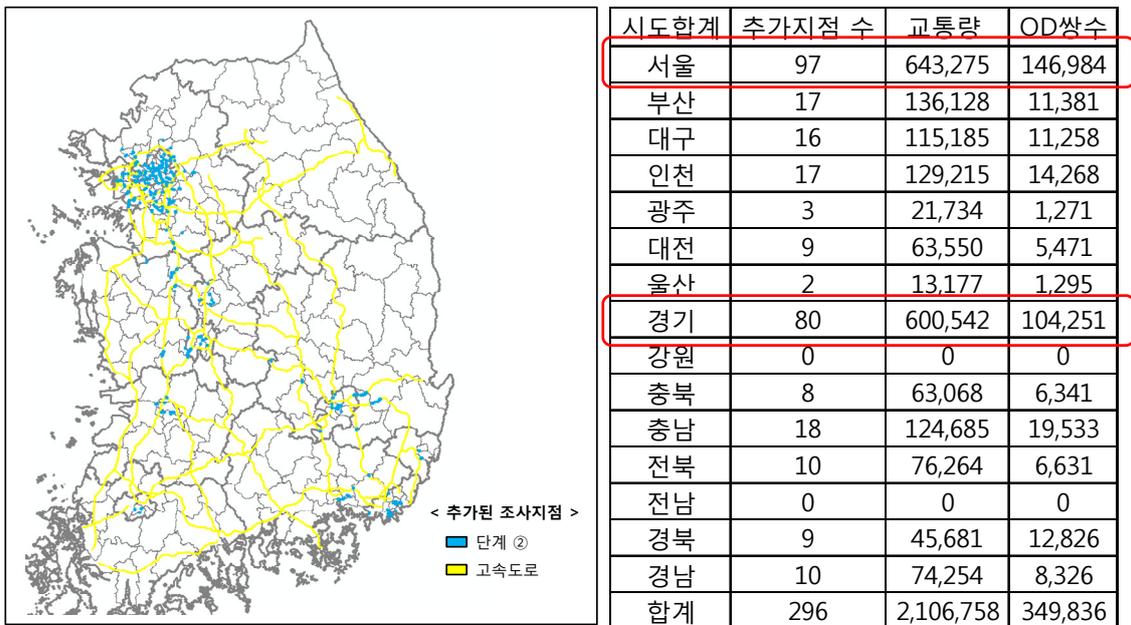
<표 2- 19> 선정 기준별 포착율 상승 평균 비교

| | 통과 교통량 포착율 | 통과 기종점 포착율 |
|-------|------------|------------|
| 기존지점 | 0.031% | 0.033% |
| 1번 기준 | 0.022% | 0.019% |
| 2번 기준 | 0.085% | 0.091% |
| 3번 기준 | 0.037% | 0.017% |
| 4번 기준 | 0.072% | 0.043% |

- 통과 표본수를 기준으로 선정한 4번 기준에 의한 지점들의 경우 1개 지점 추가당 교통량 포착율은 0.072 (%), 기종점 쌍 포착율은 0.043 (%) 증가하여 두 값 모두 2번 기준에 비하여는 효율이 높지 않으나 기존 지점들에 비해서는 역시 효율이 높음을 확인하였음
- 해당 분석에서 확인할 수 있는바와 같이 본 연구를 통해 제시된 교통량 조사지점 선정 방법론은 현 건설기술 연구원 교통량 조사지점에 비하여 약 3배 수준의 수요패턴 포착 효율이 확보됨을 알 수 있어 본 연구에서 제시한 지점 선정 방법론의 타당성이 검증됨

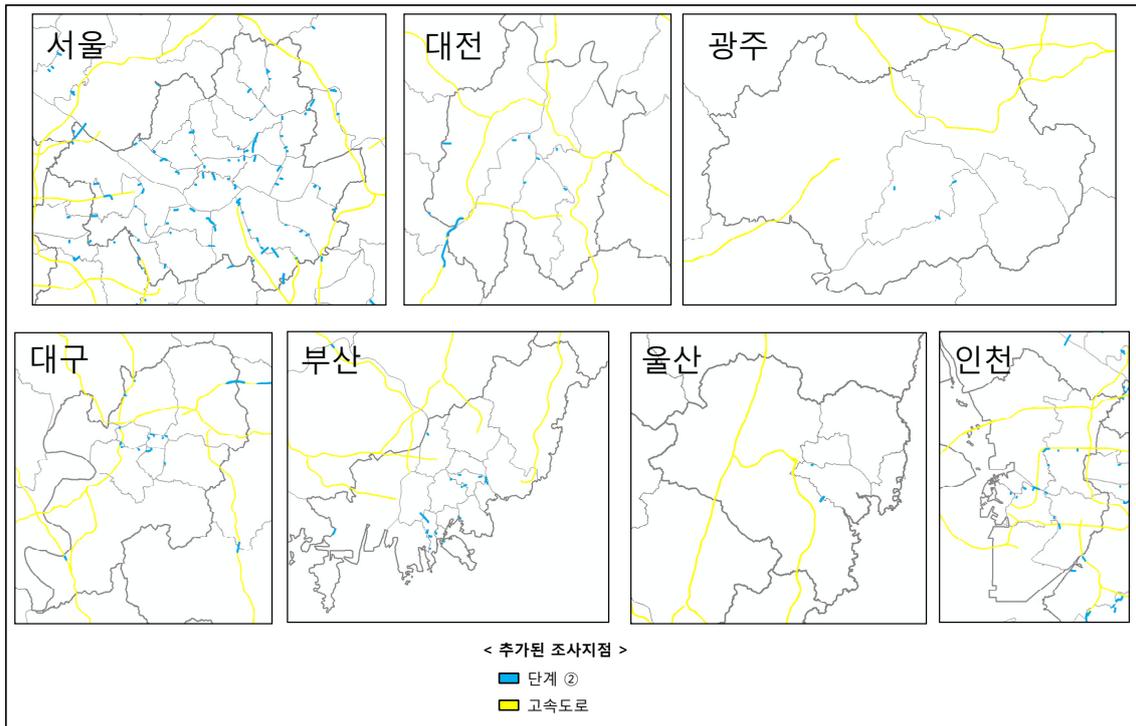
바. 2차 조사지점 선정 결과 분석

- 1차 조사지점 선정 후 통행수요 패턴 포착율의 향상을 위하여 추가 교통량 조사지점을 선정함
- 조사지점 선정을 위한 기준은 1차 조사지점 선정과 동일하며, 적용되는 선정 방법론은 통과 표본수와 통과 기종점쌍수만이 적용됨
- 그 이유는 기종점 쌍을 최소 1개의 조사지점을 통과해야 한다는 1단계 선정기준과 특정 기종점쌍이 높은 점유율은 기록하는 지점을 추가하는 3단계 선정 기준은 이미 만족되었기 때문에 2차 조사지점 선정부터는 적용하지 않기 때문임
- 조사지점 추가 결과 서울이 97개소, 경기도가 80개소로서 전체 선정 지점들 중 서울과 경기도의 조사지점수가 다수를 차지함



<그림 2- 26> 시도별 2차 추가조사지점 배정 분포

- 다만 1차 조사지점 선정 시 전체 조사지점에서 서울이 차지하는 비율이 35.5 (%)였으나, 2차 선정에서는 32.8 (%)로 낮아진 반면, 경기도의 경우 1차 선정시 23.2 (%)에서 27.0 (%)로 높아졌음
- <그림 2- 27>은 선정된 조사 지점들의 주요 대도시 내의 위치를 표시한 것임



<그림 2- 27> 주요 대도시 2차 조사지점 선정 위치

- 2차 지점 선정 후 포착율 변화를 보면 서울의 경우 통과 표본수 및 통과 OD쌍 기준 모두 평균보다는 높아짐

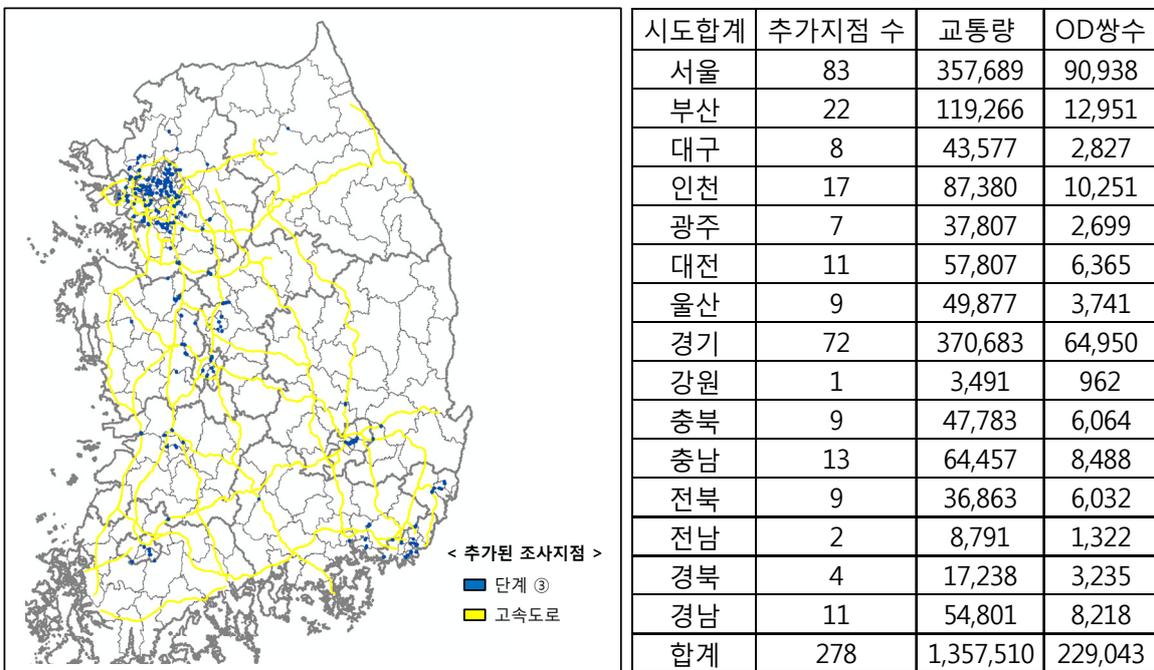
<표 2- 20> 2차 조사지점 선정 후 시도 내 시군구 평균 포착율

| 시도 | 표본수 기준 | | | OD쌍 수 기준 | | |
|----|--------|------------|------------|----------|-----------|-----------|
| | 평균 포착율 | 코든 표본수 | 관측 표본수 | 평균 포착율 | 코든 표본수 | 관측 표본수 |
| 서울 | 80.1% | 3,947,143 | 3,159,801 | 72.3% | 850,382 | 614,429 |
| 부산 | 79.4% | 1,497,794 | 1,189,451 | 68.1% | 142,527 | 97,068 |
| 대구 | 76.6% | 871,922 | 668,039 | 74.9% | 89,900 | 67,355 |
| 인천 | 80.4% | 1,241,269 | 997,662 | 76.7% | 155,506 | 119,342 |
| 광주 | 65.6% | 502,260 | 329,643 | 55.5% | 40,400 | 22,419 |
| 대전 | 62.3% | 518,740 | 323,303 | 65.0% | 70,724 | 45,991 |
| 울산 | 61.4% | 263,430 | 161,624 | 60.3% | 26,501 | 15,988 |
| 경기 | 77.2% | 5,132,845 | 3,964,731 | 74.6% | 983,985 | 734,022 |
| 강원 | 59.3% | 108,374 | 64,263 | 56.9% | 29,573 | 16,826 |
| 충북 | 68.6% | 544,603 | 373,482 | 74.6% | 113,011 | 84,328 |
| 충남 | 67.6% | 639,484 | 432,197 | 69.9% | 124,831 | 87,290 |
| 전북 | 66.5% | 533,449 | 354,555 | 70.0% | 99,724 | 69,821 |
| 전남 | 59.6% | 263,146 | 156,710 | 56.6% | 55,756 | 31,571 |
| 경북 | 71.9% | 520,304 | 374,194 | 75.6% | 126,885 | 95,944 |
| 경남 | 65.3% | 628,970 | 410,596 | 64.5% | 106,519 | 68,677 |
| 합계 | 75.3% | 17,213,733 | 12,960,251 | 72.0% | 3,016,224 | 2,171,071 |

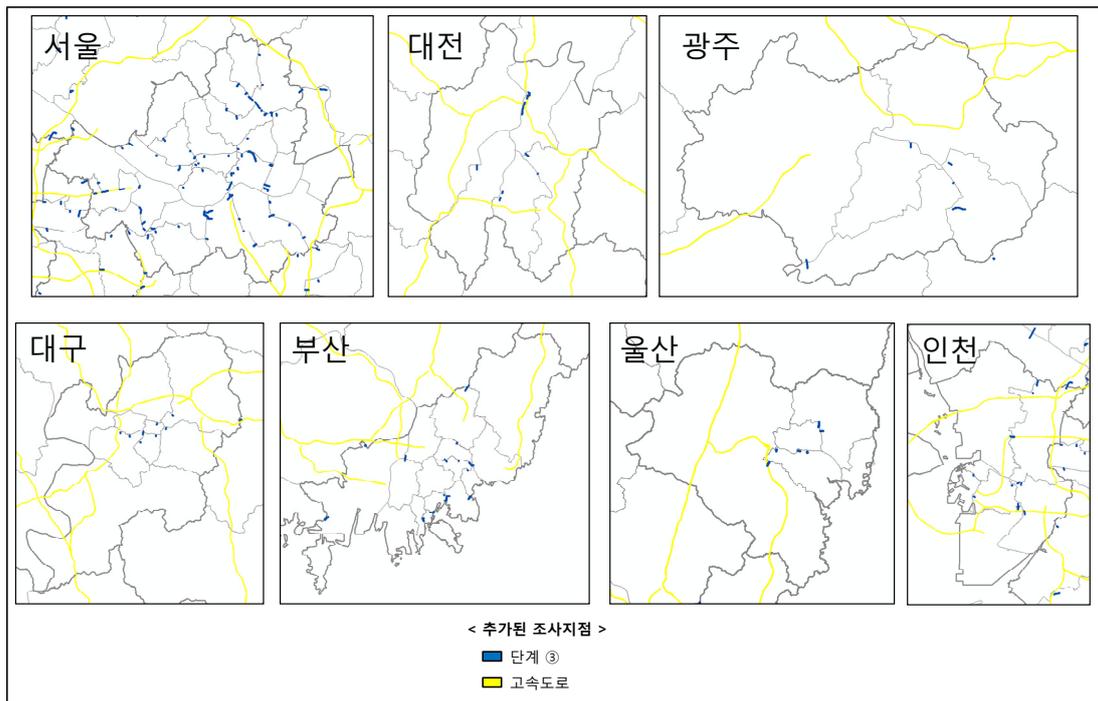
- 전체적으로 표본수 기준으로는 서울, 부산, 대구, 인천 및 경기의 경우 평균 포착율 보다는 높았으나, 광주, 대전, 울산의 경우 평균보다는 낮았음
- 그밖에 모든 지방도들은 평균보다 포착율이 낮았음
- 통과 OD 쌍 기준으로는 대도시의 경우 서울, 대구, 인천 및 경기만이 평균인 72.0 (%)보다 높았고, 나머지 대도시들은 평균보다 낮았음
- 지방도들의 경우 충북과 경북이 평균보다는 높았으며, 나머지 지역들은 모두 평균보다는 낮은 포착율이 기록됨
- 전반적으로 296개의 지점 추가로 약 10 (%)의 포착율이 향상되었음

사. 3차 조사지점 선정 결과 분석

- 2차 조사지점 선정과 동일한 방법으로 3차 추가 조사지점을 선정하였음
- 추가 조사지점의 시도별 분포를 보면 서울이 83지점, 경기도가 72개 지점으로 다수를 차지하였으나 전체 조사지점에서 차지하는 비율은 29.9 (%)와 25.9 (%)로서 조사지점을 추가 선정할 수록 감소하고 있음



<그림 2- 28> 시도별 3차 추가조사지점 배정 분포



<그림 2- 29> 주요 대도시 3차 조사지점 선정 위치

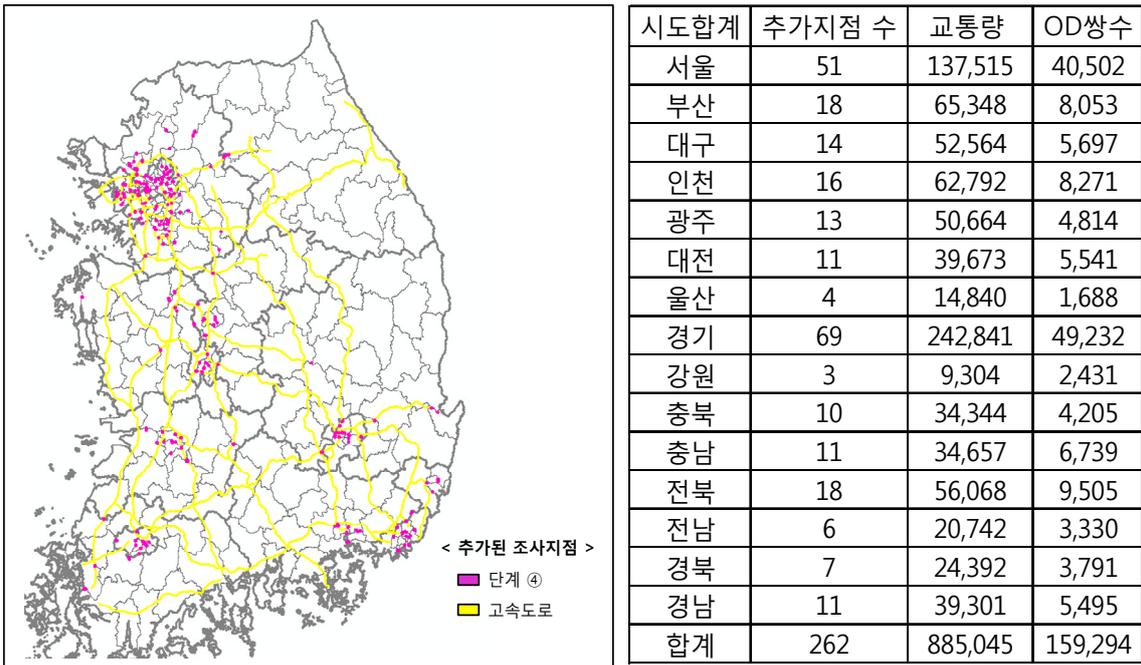
- 3차 선정 결과에서는 지방 대도시들의 선정율이 높아졌는데, 2차와 비교하면 부산이 5.7 (%)에서 7.9 (%)로 상승하였고, 광주가 1.0 (%)에서 2.5 (%), 울산이 0.7 (%)에서 3.2 (%)로 향상되었음
- <그림 2- 29>은 3차 선정 지점의 주요 대도시내 위치 분포임
- 포착율의 변화를 보면 3차 지점 추가 후 통과 표본수 기준으로는 서울, 부산, 인천, 및 경기도는 평균 83.2 (%) 이상을 기록하였으며 나머지 지역들은 모두 평균 이하를 기록하였음
- OD 쌍수 기준으로는 서울, 인천, 충북만이 평균 이상을 기록하였고 나머지 지역들은 모두 평균 이하를 기록하였으나 모든 시도간의 포착율간 차이는 상당히 줄어들었음
- 최하 포착율을 기록한 시도는 전남이 59.0 (%), 강원이 60.1 (%), 그리고 광주가 62.2 (%)를 기록하였음

<표 2- 21> 3차 조사지점 선정 후 시도내 시군구 평균 포착율

| 시도 | 표본수 기준 | | | OD쌍 수 기준 | | |
|----|--------|------------|------------|----------|-----------|-----------|
| | 평균 포착율 | 코든 표본수 | 관측 표본수 | 평균 포착율 | 코든 표본수 | 관측 표본수 |
| 서울 | 89.1% | 3,947,143 | 3,517,490 | 82.9% | 850,382 | 705,367 |
| 부산 | 87.4% | 1,497,794 | 1,308,717 | 77.2% | 142,527 | 110,019 |
| 대구 | 81.6% | 871,922 | 711,616 | 78.1% | 89,900 | 70,182 |
| 인천 | 87.4% | 1,241,269 | 1,085,042 | 83.3% | 155,506 | 129,593 |
| 광주 | 73.2% | 502,260 | 367,450 | 62.2% | 40,400 | 25,118 |
| 대전 | 73.5% | 518,740 | 381,110 | 74.0% | 70,724 | 52,356 |
| 울산 | 80.3% | 263,430 | 211,501 | 74.4% | 26,501 | 19,729 |
| 경기 | 84.5% | 5,132,845 | 4,335,414 | 81.2% | 983,985 | 798,972 |
| 강원 | 62.5% | 108,374 | 67,754 | 60.1% | 29,573 | 17,788 |
| 충북 | 77.4% | 544,603 | 421,265 | 80.0% | 113,011 | 90,392 |
| 충남 | 77.7% | 639,484 | 496,654 | 76.7% | 124,831 | 95,778 |
| 전북 | 73.4% | 533,449 | 391,418 | 76.1% | 99,724 | 75,853 |
| 전남 | 62.9% | 263,146 | 165,501 | 59.0% | 55,756 | 32,893 |
| 경북 | 75.2% | 520,304 | 391,432 | 78.2% | 126,885 | 99,179 |
| 경남 | 74.0% | 628,970 | 465,397 | 72.2% | 106,519 | 76,895 |
| 합계 | 83.2% | 17,213,733 | 14,317,761 | 79.6% | 3,016,224 | 2,400,114 |

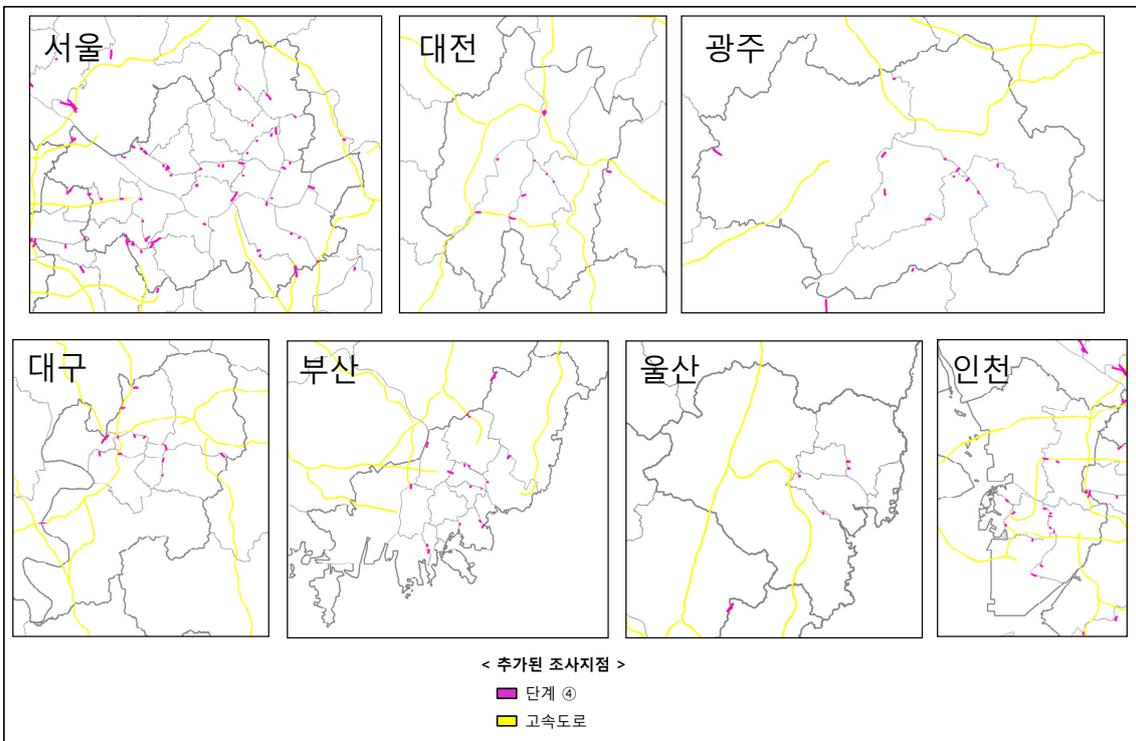
아. 4차 조사지점 선정 결과 분석

- 3차 조사지점 선정과 동일한 방법으로 최종적으로 4차 추가 조사지점을 선정하였음
- 4차 추가 지점선정에 의하여 선정된 지점의 총수는 262개소임
- 이중 경기도가 69개소로 가장 많이 선정되었으며, 서울이 51개소로 두 번째로 많은 지점이 선정되었음
- 다음으로는 부산과 전북이 각각 18개소가 선정되었으며, 모든 주요 대도시들에서 10개소 이상이 선정되었음
- 선정지점 비율의 변화를 보면 서울의 선정비율은 19.5 (%)로 크게 낮아진 반면, 대구가 2.9 (%)에서 5.3 (%)로 증가하였고, 광주가 2.5 (%)에서 5.0 (%)로 증가하였음
- 지방의 경우 강원이 0.4 (%)에서 1.1 (%), 전북이 3.2 (%)에서 6.9 (%), 전남이 0.7 (%)에서 2.3 (%), 경북이 1.4 (%)에서 2.7 (%)로 증가하여 모든 지방시도에서 지점 선정율이 증가하였음



<그림 2- 30> 시도별 4차 추가조사지점 배정 분포

○ <그림 2- 31 >은 4차 선정된 조사지점들의 주요 대도시내 위치를 나타냄



<그림 2- 31> 주요 대도시 4차 조사지점 선정 위치

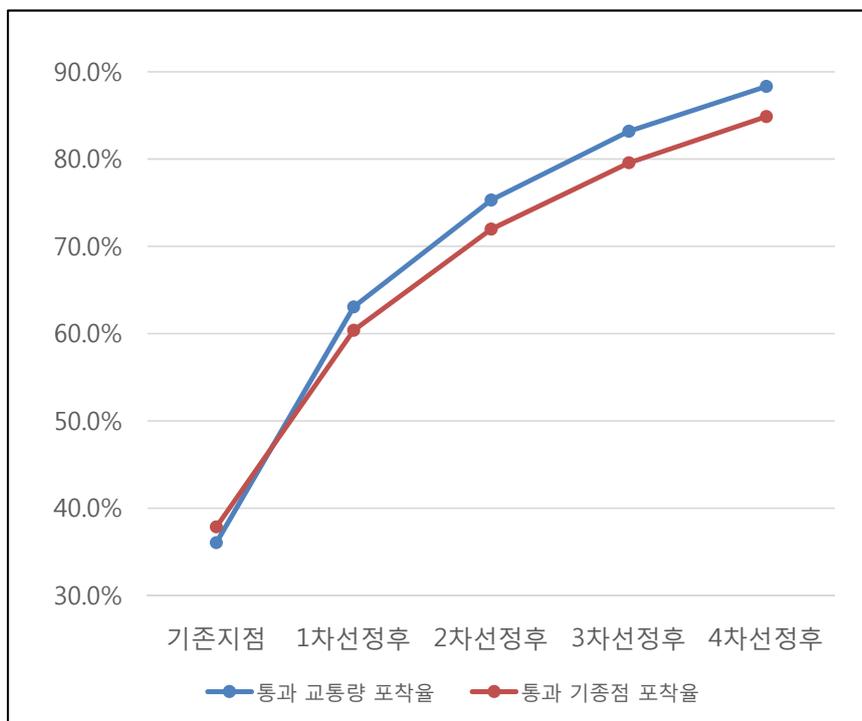
<표 2- 22> 4차 조사지점 선정 후 시도 내 시군구 평균 포착율

| 시도 | 표본수 기준 | | | OD쌍 수 기준 | | |
|----|--------|------------|------------|----------|-----------|-----------|
| | 평균 포착율 | 코든 표본수 | 관측 표본수 | 평균 포착율 | 코든 표본수 | 관측 표본수 |
| 서울 | 92.6% | 3,947,143 | 3,655,005 | 87.7% | 850,382 | 745,869 |
| 부산 | 91.7% | 1,497,794 | 1,374,065 | 82.8% | 142,527 | 118,072 |
| 대구 | 87.6% | 871,922 | 764,180 | 84.4% | 89,900 | 75,879 |
| 인천 | 92.5% | 1,241,269 | 1,147,834 | 88.7% | 155,506 | 137,864 |
| 광주 | 83.2% | 502,260 | 418,114 | 74.1% | 40,400 | 29,932 |
| 대전 | 81.1% | 518,740 | 420,783 | 81.9% | 70,724 | 57,897 |
| 울산 | 85.9% | 263,430 | 226,341 | 80.8% | 26,501 | 21,417 |
| 경기 | 89.2% | 5,132,845 | 4,578,255 | 86.2% | 983,985 | 848,204 |
| 강원 | 71.1% | 108,374 | 77,058 | 68.4% | 29,573 | 20,219 |
| 충북 | 83.7% | 544,603 | 455,609 | 83.7% | 113,011 | 94,597 |
| 충남 | 83.1% | 639,484 | 531,311 | 82.1% | 124,831 | 102,517 |
| 전북 | 83.9% | 533,449 | 447,486 | 85.6% | 99,724 | 85,358 |
| 전남 | 70.8% | 263,146 | 186,243 | 65.0% | 55,756 | 36,223 |
| 경북 | 79.9% | 520,304 | 415,824 | 81.2% | 126,885 | 102,970 |
| 경남 | 80.2% | 628,970 | 504,698 | 77.3% | 106,519 | 82,390 |
| 합계 | 88.3% | 17,213,733 | 15,202,806 | 84.9% | 3,016,224 | 2,559,408 |

- 4차 선정 지점수 262개의 지점 추가에 따른 포착율의 증가를 <표 2- 22>에 설명하였음
- 서울의 경우 표본수 기준으로는 92.6 (%)까지 포착율이 증가하였으며, 부산 및 인천 역시 모두 포착율이 90 (%) 이상으로 높아졌음
- 가장 낮은 포착율은 전남 70.8 (%), 강원 71.1 (%) 등으로 전국 평균에 비하여 상당히 낮은 포착율을 나타냄
- OD 쌍 기준으로 보면 역시 전국 평균 84.9 (%)보다 서울, 대구, 인천, 경기가 높은 포착율을 기록한 반면 나머지 지역들은 평균보다는 낮은 포착율을 기록하였음
- 전반적인 분석 결과 대도시 지역이 포착율이 일반적으로 높다는 사실을 알 수 있는데, 그 이유는 현재 지점 선정의 경우 추정대상 기종점을 기반으로 이루어지기 때문에 대도시 3,000, 지방부 500이라는 표본을 갖지 못한 기종점들의 경우 지점 선정시 고려되지 않는데 따른 것임
- 이러한 표본수가 작은 기종점 쌍 들이 많은 존들이 다수 포함된 시도의 경우 평균 포착율이 낮을 수밖에 없으며 그 결과 강원과 전남이 가장 낮은 포착율을 기록함

자. 교통량 조사 지점 최종 선정 결과 및 분석

- 최종지점 선정 결과 앞서 제시한 분석 방법을 4회 수행하여 총 1,219개의 교통량 조사지점을 선정하였음
- <그림 2- 32>에서는 조사지점 추가선정에 따른 교통량 포착율과 기종점 쌍 포착율의 증가 추세를 제시하였음
- 증가 추세를 보면 1차 선정 후 가장 크게 포착율이 증가하는 것으로 나타났으나, 증가율은 추가 선정이 진행될수록 감소하는 것으로 나타남
- 이렇게 지점 선정이 반복될수록 포착율 상승이 둔화되는 것은 1) 가장 핵심적인 지점들의 추가가 이루어지면서 지점 1개소 추가에 따른 포착율 향상 수준이 낮아지기 때문이며, 2) 2번째 기준과 4번째 기준에서 선정되는 지점수를 미조사 코든라인 총수의 상위 3(%)로 설정하였기 때문에 추가되는 지점의 숫자가 줄어드는데도 원인이 있음
- 기존 지점들의 경우 통과 기종점 쌍 포착율이 통과 교통량 포착율에 비하여 조금 높지만, 지점 선정이 반복될수록 통과교통량 포착율 향상이 더 빠르게 이루어짐



<그림 2- 32> 조사지점 선정 반복횟수 증가에 따른 포착율 변화

<표 2- 23> 선정 차수별 조사지점 총량과 포착율

| 구분 | 과정도 | 추가지점수 | 표본수 | OD쌍 | 지점수 |
|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| | 기본 | 1,156 | 36.0% | 37.8% | 17.7% |
| 1차 | 1번추가 | 25 | 36.6% | 38.3% | 18.1% |
| | 2번추가 | 161 | 50.3% | 53.0% | 20.6% |
| | 3번추가 | 42 | 51.9% | 53.8% | 21.2% |
| | 4번추가 | 155 | 63.1% | 60.4% | 23.6% |
| 중간 합계 | - | 383 | - | - | - |
| 2차 | 2번추가 | 150 | 68.8% | 68.1% | 25.9% |
| | 4번추가 | 146 | 75.3% | 72.0% | 28.1% |
| 중간 합계 | - | 679 | - | - | - |
| 3차 | 2번추가 | 141 | 78.9% | 77.0% | 30.3% |
| | 4번추가 | 137 | 83.2% | 79.6% | 32.4% |
| 중간 합계 | - | 957 | - | - | - |
| 4차 | 2번추가 | 133 | 85.5% | 83.1% | 34.4% |
| | 4번추가 | 129 | 88.3% | 84.9% | 36.4% |
| 최종 합계 | - | 1,219 | - | - | - |

- 선정 차수별로 교통량과 OD쌍 포착율을 상세히 비교한 내용을 <표 2-23>에 제시함
- <표 2- 23>의 지점수 포착율을 보면 4회 반복시 1219개의 교통량 조사지점이 추가되는데, 이 경우 전체 코든라인 지점 중 36.4 (%)만이 조사되지만 교통량 포착율과 OD쌍 포착율 모두 80 (%) 중반을 기록함
- 즉, 현재 선정된 총 2,375개의 조사 지점의 전체 코든라인 통과 지점중 핵심 조사지점을 대부분 커버(cover) 하고 있음을 알 수 있음

<표 2- 24> 조사지점 추가 전·후 분석

| 시도 | 지점수 | | | 표본수 포착율 | | | 기종점쌍 포착율 | | |
|----|-------|-------|-------|---------|-------|-------|----------|-------|-------|
| | 기존 | 결과 | 증가 폭 | 기존 | 결과 | 증가 폭 | 기존 | 결과 | 증가 폭 |
| 서울 | 77 | 444 | 367 | 19.0% | 92.6% | 73.6% | 16.9% | 87.7% | 70.8% |
| 부산 | 58 | 155 | 97 | 37.3% | 91.7% | 54.5% | 34.7% | 82.8% | 48.1% |
| 대구 | 51 | 105 | 54 | 40.0% | 87.6% | 47.6% | 48.4% | 84.4% | 36.0% |
| 인천 | 70 | 138 | 68 | 48.4% | 92.5% | 44.1% | 51.4% | 88.7% | 37.3% |
| 광주 | 31 | 65 | 34 | 30.0% | 83.2% | 53.3% | 32.1% | 74.1% | 42.0% |
| 대전 | 28 | 64 | 36 | 40.8% | 81.1% | 40.3% | 51.7% | 81.9% | 30.1% |
| 울산 | 30 | 48 | 18 | 45.5% | 85.9% | 40.4% | 49.1% | 80.8% | 31.7% |
| 경기 | 232 | 542 | 310 | 41.7% | 89.2% | 47.5% | 42.6% | 86.2% | 43.7% |
| 강원 | 55 | 60 | 5 | 59.2% | 71.1% | 11.9% | 56.7% | 68.4% | 11.6% |
| 충북 | 63 | 102 | 39 | 39.0% | 83.7% | 44.6% | 55.9% | 83.7% | 27.9% |
| 충남 | 81 | 132 | 51 | 31.7% | 83.1% | 51.4% | 44.3% | 82.1% | 37.9% |
| 전북 | 89 | 136 | 47 | 37.7% | 83.9% | 46.2% | 56.6% | 85.6% | 29.0% |
| 전남 | 75 | 94 | 19 | 43.4% | 70.8% | 27.4% | 46.1% | 65.0% | 18.9% |
| 경북 | 116 | 149 | 33 | 53.5% | 79.9% | 26.4% | 60.1% | 81.2% | 21.1% |
| 경남 | 100 | 141 | 41 | 40.1% | 80.2% | 40.2% | 47.0% | 77.3% | 30.3% |
| 합계 | 1,156 | 2,375 | 1,219 | 36.0% | 88.3% | 52.3% | 37.8% | 84.9% | 47.0% |

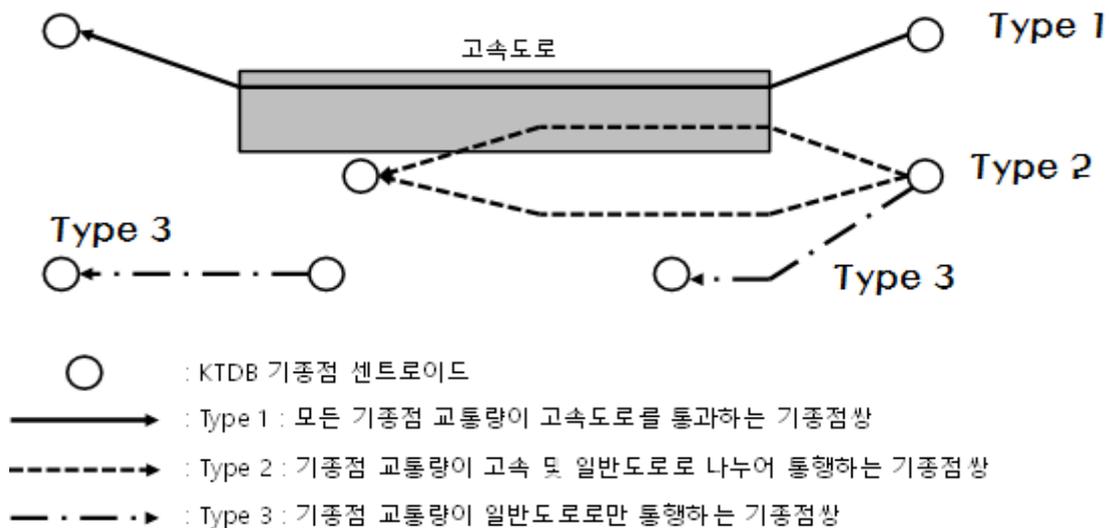
- <표 2- 24>에서는 조사지점 추가 전·후의 주요 지표변화를 설명하였음
- 지점수의 경우 1156개소에서 2375개소로 1219개 증가하였으며, 코든라인을 통과하는 내비게이션 표본의 포착율은 시도별 평균 36.0 (%)에서 88.3 (%)로 증가하였음
- 기종점 쌍 포착율의 경우 37.8 (%)에서 84.9 (%)로 향상되어 총 47 (%)의 증가가 이루어짐
- 이렇게 본 연구에서는 각 기준(기종점, 교통량)을 적용하여 교통량 조사지점을 선정하였고, 이에 따른 효과를 검토하였음
- 하지만, 교통량 조사지점을 선정함에 있어 표본자료인 내비게이션 자료만을 주로 활용하고, GIS 상에서 지점을 검토하여 분석 하였기에 현실적인 도로조건을 정확히 반영하지 못하는 한계가 일부 존재할 수 있음
- 이를 보완하기 위해서는 도로 등급이나 도시부, 지방부와 같은 지역적 특성을 고려하는 것도 필요함
- 향후에 보완이 이루어져야할 또 다른 사항은 시군구 준별로 조사 지점의 최소 배정의 필요성이 있다는 점임
- 시도별로 배정된 조사지점의 량을 보면 전국을 단일한 기준을 적용해 배정하였기 때문에 서울과 경기도에 과반수의 조사지점이 배정되었음
- 수도권이 존 체계가 상세하고 도로연장 자체가 많기 때문에 이러한 현상이 발생된다고 볼 수 있으나 향후 지방의 통행수요가 증가할 경우를 대비하여 각 지방별로 최소수준의 조사지점을 선정할 수 있음
- 이러한 고려는 현재 1,219개 조사 지점중 최종적으로 실제조사지점을 확정할 때 지역별로 일부 조정을 함으로써 가능함
- 그밖에 본 연구에서는 기준 1과 3의 기종점 기반 분석을 할 때 기종점의 내비 표본숫자가 도시부는 3,000, 지방부는 500인 기종점에 대한 조사지점 추가만을 고려하였음
- 따라서 이 기준에 미치지 못하는 기종점만을 가진 존들은 통행수요 패턴 파악에 필요한 조사지점을 충분히 배정받지 못했을 수 있음
- 이 문제는 향후 내비게이션 표본 숫자가 늘어나 안정적인 분석에 필요한 최소 숫자의 표본을 가진 기종점 쌍들이 증가할 경우 자연스럽게 해결될 것임
- 이러한 결과를 토대로 향후 내비게이션 표본수가 더욱 증가하고, 도로 등급 정보가 연계되어 활용될 수 있을 경우 더욱 현실 적용성이 향상된 조사지점 선정 방법론이 개발될 것으로 기대함

제3절 KTDB OD 교통량 추정기법 고도화

1. KTDB OD 교통 검증 자료

- 본 연구에서는 KTDB OD 교통량 검증을 위해 내비게이션 자료와 TCS 자료 및 수시상시 교통량을 사용함
- 자동차 내비게이션 자료의 경우 표본자료로서 전체 차량자료 중 일부에 대해서만 수집되지만 개별 차량의 궤적을 가장 상세히 보여주는 특징을 가지고 있음
- 또한, 일별 자료수집이 가능하기 때문에 자료의 시계열 분석이나 월별, 요일별 분석과 같은 카테고리 분석이 가능한 장점을 가지고 있으며, 개별 차량의 기종점이 파악되기 때문에 표본 기종점표를 제공함
- 본 연구진은 선행 연구에서 OD 교통량 검증 및 추정 등 연구에 내비게이션 자료를 활용하였음
- 분석에 활용한 내비게이션 자료의 경우 MN Soft 자료로 총 크기 188 GB, 총 1억 2천만 통행의 1년치 궤적자료 (2011년 8월 1일~2012년 8월 1일)를 확보하여 이를 이용한 DB 구축 작업을 수행하였음
- 내비게이션 기반 DB에는 표본 링크자료를 통해 얻은 링크별 통행 속도가 포함되어 있으며, 그밖에 존, 기종점, 경로 등으로 나누어 존내통행량과 같이 내비게이션 자료를 1차 가공한 자료들이 구축되었으며, 분석에 이 자료를 활용하였음
- 다만 현재 MN Soft의 내비게이션 자료 수집 교통망의 링크들이 KTDB의 전체 링크를 포함하고 있지 않아 전체 KTDB 교통망 링크에 대한 존 내 통행량 분석이 일부 이루어지지 않음
- 이러한 한계점을 보완하고자 Network coverage가 향상된 최신 내비게이션 자료를 활용할 계획이며, 분석 자료의 향상으로 분석 결과의 신뢰성이 높아질 것으로 판단됨
- 다만 내비게이션 자료의 수집 특성 상 수집 과정에서 공간적인 편기가 발생할 수 있어 이를 고려한 표본을 계산 방법과 전수화 방안에 대한 연구가 필요함
- TCS 자료의 경우 한국도로공사에 의해 수집되는 차량들의 고속도로 유출입 기록을 의미하며, 이 자료를 유출입 영업소별, 시간대별로 집계하면 동적 OD 교통량 표를 얻을 수 있음
- TCS 자료는 전체 차량의 궤적을 보여주지는 못하지만, 특정한 영업소를 통과한 차량이 나머지 영업소로 어느 정도 비율로 도착하는지를 알려줌

- 2014년 KTDB OD 검증 연구에서 개발된 OD 추정 모형에서는 TCS 자료를 기종점 교통량으로 사용한 것이 아니라 고속도로 유출입 지점의 관측교통량으로 사용하였음
- TCS 자료는 차종별로 동적인 기종점 통행량을 정확히 얻을 수 있는 장점이 있으나, 고속도로라는 공간적인 제약이 존재하기 때문에 전 국토를 대상으로 통행패턴을 정의하는 KTDB OD와 공간적인 불일치가 발생함
- 따라서 TCS자료를 통해 검증이 가능한 KTDB OD 쌍은 고속도로를 이용하는 기종점 교통량 비율이 높은 기종점 쌍으로 제한되며, 검증시에도 OD 추정 기법과 같은 모형을 통한 검증 기법이 필요하였음



<그림 2- 33> KTDB OD의 고속도로 통과 여부에 따른 분류

- 2014년 연구에서 정의된 바와 같이 KTDB OD를 고속도로 통과율을 기준으로 <그림 2- 33>과 같이 Type 1, 2, 3으로 구분할 경우 KTDB OD 교통량 중 TCS 자료를 통해 검증이 가능한 Type 1 기종점 쌍은 1.18%에 불과함 : 전체 기종점 쌍 숫자 중 Type 1숫자의 비율을 넣는 것임
- 따라서 TCS 자료는 KTDB OD 교통량 검증에 있어 현재 검증 기법하에서는 일부 기종점 교통량 검증에만 사용 가능한 보조적 자료임
- 올해 연구에서는 이렇게 공간적인 커버리지의 한계를 갖는 TCS 자료를 수시 및 상시 교통량과 함께 효율적으로 활용할 수 있는 OD 추정 기법을 개발할 것임
- KTDB OD 검증의 마지막 핵심 자료는 건설기술연구원을 통해 수집되는 수시상시 교통량 자료임

- 링크 관측교통량은 수집 비용이 싸고 수집 과정이 단순하기 때문에 교통학 발전 초기부터 교통 공학과 계획에서 사용된 핵심 자료임
- 링크 관측 교통량은 현재 국내에서는 수집 기간에 따라 두 가지 형태로 구분되는데 짧은 기간 또는 1일 조사에 의해 얻어진 자료(수시교통량)와 검지기가 설치되어 장기간 자료가 수집되는 경우(상시교통량)가 있음
- 교통량이 짧은 기간 또는 1일 동안 관측되는 경우에는 평균값이나 1일 조사 값으로 정의되지만, 오랜 기간 관측되는 경우 교통량의 일변동 등 통계적인 분석에 사용가능한 자료가 확보됨
- 현재 국내의 경우 건설기술연구원에서 수집되는 교통량이 수시 및 상시 교통량으로 구분되며, 이중 상시 교통량은 연중 수집되는 특성을 갖고 있어 교통량 변동 포착이 가능함
- 그러나 관측교통량은 공간적 범위가 넓고 총량 파악에 유용한 자료이지만 지점 수집 자료이기 때문에 공간 상관분석에 사용할 수 없는 한계를 가지고 있음
- 이러한 한계점에도 불구하고 기종점 통행량(OD)의 정확성을 확인하기 위해서는 총량 자료를 확보하는 것이 필요한데, 기종점 통행량 추정에서 링크 관측통행량이 이러한 역할을 수행할 수 있음
- 따라서 본 연구에서는 KTDB 기종점 통행량의 검증을 위해 이상의 세 가지 관측 자료를 유기적으로 결합할 수 있는 분석 방법론을 개발할 것임

2. 관측 자료를 이용한 기종점 통행량 추정 기술 검토

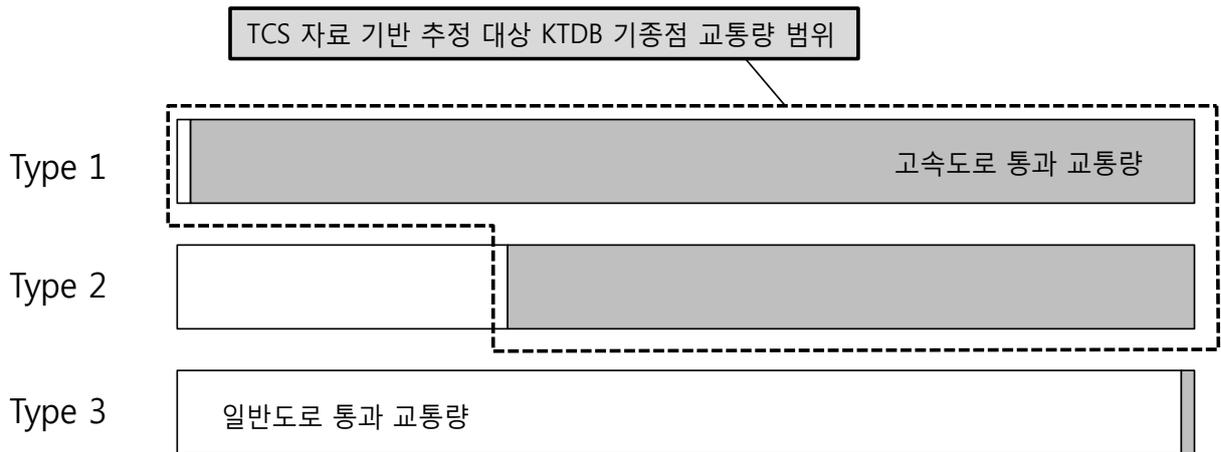
가. 2014년 과제 OD 추정 기법의 특징

- 본 연구진이 수행한 2014년 과업에서는 KTDB OD 교통량을 검증하기 위해 TCS(Toll Collection System) 자료를 핵심자료로 이용하였음
- TCS 자료를 통해 KTDB의 모든 기종점 쌍에 대한 교통량 추정 및 검증이 가능한 것은 아니나 자료의 정확도가 높아 지역 간 통행량을 계산하는데 매우 유용한 자료임
- 또한, TCS 자료의 특성 상 분석의 범위가 고속도로 교통망에 제한되기 때문에 KTDB 모든 기종점 쌍에 대해 설명하기 위해서는 KTDB 기종점 교통량과 TCS 교통량 간 관계 분석, 고속도로 통과여부에 따른 KTDB 기종점 쌍 분류가 필요함
- 먼저, KTDB 기종점 쌍은 앞서 언급하였듯이 고속도로 통과여부에 따라 크게 3가지 Type으로 구분할 수 있음

<표 2- 25> KTDB 기종점 쌍의 고속도로 통과여부에 따른 분류

| 구 분 | 설 명 |
|--------|-------------------------------------|
| Type 1 | 모든 기종점 교통량이 고속도로를 통과하는 기종점 쌍 |
| Type 2 | 기종점 교통량이 고속도로 및 일반도로를 함께 통행하는 기종점 쌍 |
| Type 3 | 기종점 교통량이 일반도로로만 통행하는 기종점 쌍 |

- TCS 자료는 고속도로 교통망에서 특화된 자료이기에 <그림 2- 34>와 같이 Type 1, Type 2 중 고속도로를 통과하는 기종점 쌍에 대한 교통량 검증 범위로 선정할 수 있으며, 이 기종점 쌍은 정확성과 신뢰성을 확보할 수 있음
- 하지만, Type 2와 Type 3 같이 KTDB 기종점 쌍 중 고속도로를 통과하지 않는 기종점 쌍에 대해서는 TCS 자료를 통해 기종점 통행량의 추정이 불가능함
- 이렇게 TCS 자료를 통한 교통량 검증이 불가능한 Type2와 Type3의 교통량에 대해서는 내비게이션 자료나 관측링크 교통량과 같은 추가 자료를 이용하여 기종점 추정 및 검증기법을 개발하였음



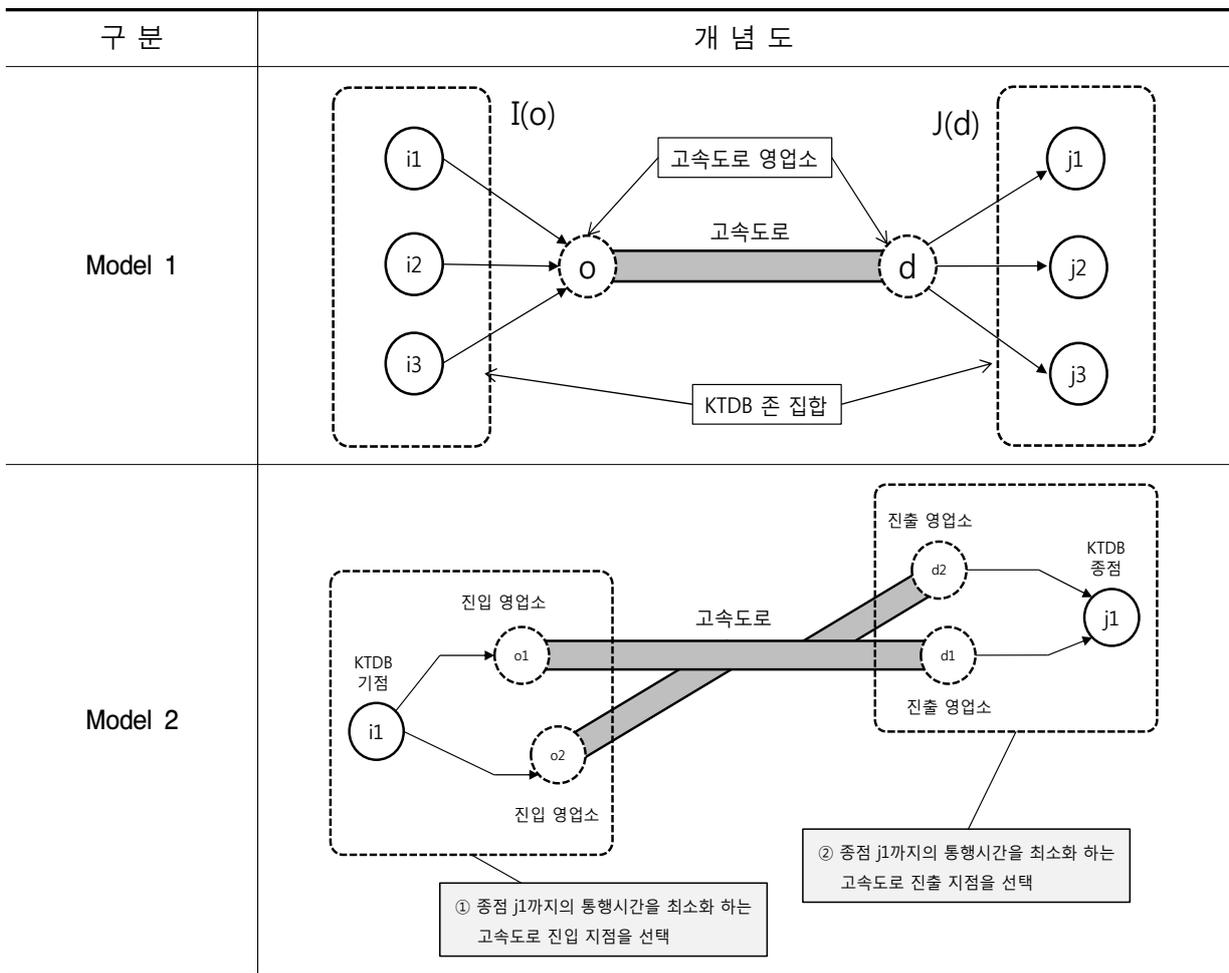
<그림 2- 34> KTDB 기종점 유형 별 교통량 검증 가능 범위

- 이러한 한계점을 고려하여 지난 연구에서는 TCS자료를 기반으로 하여 KTDB 기종점 통행량을 검증하는 모형을 개발하였으며, 모형 개발을 위한 기술은 다양한 형태로 개발 될 수 있으나 다음 <표 2- 26>과 같이 크게 3가지 모형을 제안하였음

<표 2- 26> KTDB 기종점 통행량 추정 및 분석 기법 모형(안)

| 구 분 | | 특 징 |
|---------------------|---------|---|
| 고속도로 통과 기종점 통행량 고려 | Model 1 | <ul style="list-style-type: none"> - TCS 교통량을 기반으로 하며 추가적으로 내비게이션 자료를 이용하여 KTDB 기종점 교통량 값을 추정 - TCS 기종점 유출입 값을 내비게이션 통행비율을 이용 고려하여 KTDB 기종점에 배분하는 형태로 모형 설정 - 하나의 고속도로 영업소에서 여러 KTDB 기종점으로 나누어 지는 비율을 계산하는 방식 |
| | Model 2 | <ul style="list-style-type: none"> - TCS 자료를 기반으로 기종점 통행량을 추정 - 개별 운전자들의 선택 문제를 모형화하는데 목표를 두고 있는 개별행태 모형기반 추정법 - 하나의 KTDB 기종점에서 복수의 고속도로 진출입 지점을 선택하는 과정을 개별행태 모형으로 설명하는 모형 - KTDB 존과 고속도로 영업소 간의 연결성 결과를 운전자들의 영업소 선택 형태에 따라 설명하며, 이러한 선택 행태 묘사를 위해 개별행태 모형인 다항로짓모형을 사용함 |
| 고속도로 비통과 기종점 통행량 고려 | Model 3 | <ul style="list-style-type: none"> - 내비게이션 표본 OD를 이용하여 Model 1과 Model 2에서 반영하지 못하는 고속도로 비통과 기종점 통행량을 고려할 수 있음 - TCS 자료 보다 내비게이션 자료의 활용성을 높임 - 우추정법과 최소자승법을 반복적으로 적용하여 KTDB 기종점 통행량을 계산하도록 설계되었음 |

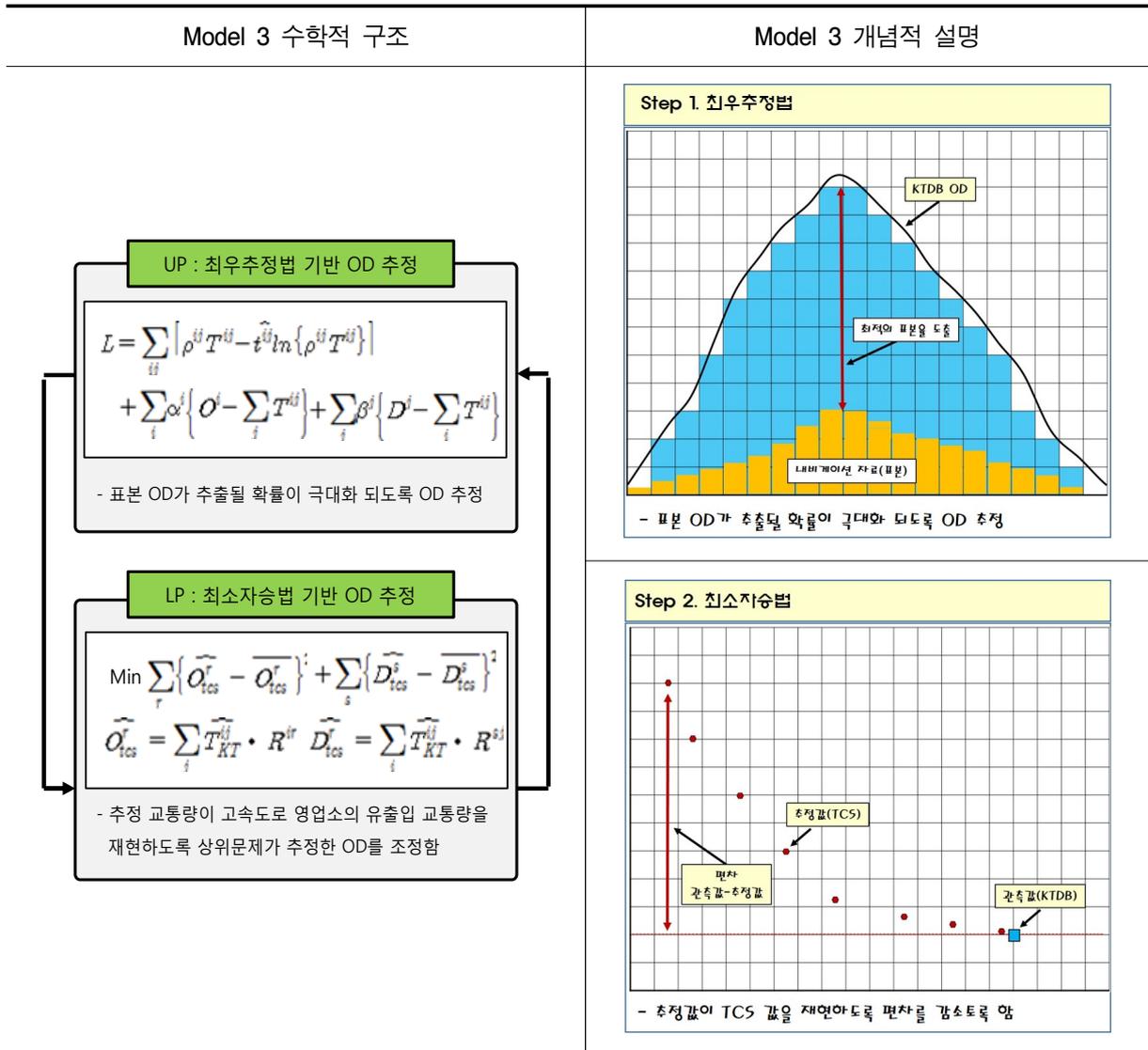
- 위에서 언급한 각 Model은 기종점 쌍의 유형, 분석 자료, 분석 한계등을 고려하여 각기 연구되었음
- Model 1과 Model 2는 KTDB 기종점 쌍 중 고속도로 통과 기종점 통행량에 focus를 맞춘 모형이라 할 수 있음
- Model 1과 Model 2는 모두 TCS 자료를 기반으로 기종점 통행량을 추정하는 모형으로서, 고속도로 영업소간의 통행량과 영업소에서 KTDB 원기종점 간의 선택비율을 내비게이션 자료에서 표본 추출해 기종점 통행량 추정에 사용하는 모형임



<그림 2- 35> Model 1과 Model 2 개념도

- 두 Model 간의 차이점은 다음 <그림 2- 35>과 같이 Model 1의 경우 고속도로 영업소에서 여러 KTDB 기점과 종점으로 나누어지는 비율을 계산하는 방식으로 기종점 통행량 추정이 진행되었으나, Model 2 경우 운전자의 행태적인 측면을 고려하여 자신의 기종점 경로 선택에 따라 고속도로 진입·진출 지점을 선정하는 방법이라는 점임

- Model 2는 개별행태모형 기반 추정법으로 KTDB 존과 고속도로 영업소간의 연결성 결과를 운전자들의 영업소 선택 행태에 따라 설명하며, 이러한 선택 행태 묘사를 위해 개별행태 모형인 다항로짓모형을 사용함
- 두 Model 간의 확장성 및 운전자 행태적 측면 반영성에 있어 Model 2가 Model 1에 비해 현실적인 모형이라 할 수 있음
- 하지만, Model 2 경우 다항로짓모형을 사용하기 때문에 IIA(Independence of Irrelevant Alternatives, 비관련 대안간의 독립성) 문제가 발생할 수 있음
- 또한 Model 2의 특성상 개별 영업소 별로 자료를 분류하여 KTDB 기종점 존에 대한 선택 모형을 영업소별로 독립적으로 구축해야하는데, 이 분석과정에서 정산과 검증 계산량이 과다하고 내비게이션 자료가 방대하게 필요함
- 이러한 분석적 한계를 고려하여 TCS 기종점 교통량을 이용한 KTDB 기종점 교통량 추정기법으로 Model 1를 사용함
- 다음으로 기종점 통행량 중 Type 2 일부 와 Type 3 같이 고속도로를 통과하지 않는 기종점에 대해서는 TCS OD를 기반으로 분석하는 Model 1 과 Model 2로는 분석에 한계가 있음
- 이에 대한 해결 방안으로 고속도로 비통과 기종점 교통량을 고려하는 Model 3를 개발하였으며, 분석 자료로 내비게이션 자료에 의해 얻어진 표본 OD를 활용하였음
- Model 3의 기본 구조는 최우추정법과 최소자승법을 반복적으로 적용하여 KTDB 기종점 통행량을 계산하도록 설계되었음
- 최우 추정법이란 표본 조사를 통해 얻은 표본자료를 통해 모형의 모수 정산을 수행하는 방법으로서, 이때 모형의 모수 값은 모집단으로부터 표본이 추출될 가능성이 극대화되도록 결정되는 방법임
- 본 과업에서는 최우추정법의 경우 내비게이션 자료에서 얻어진 표본 OD가 발생할 가능성을 최대화 하는 KTDB OD 교통량을 추정하도록 설계되었음
- 최소자승법의 경우 TCS 자료에 의해 얻어진 고속도로의 각 영업소 진입 및 진출 교통량과 추정된 KTDB 기종점 통행량에 의해 계산된 고속도로 각 영업소 진출입 교통량 간의 차이를 최소화하도록 KTDB 기종점 통행량을 추정하는 모형임
- Model 3의 수학적 구조는 <그림 2- 36>과 같으며, 이해를 돕기 위한 개념적 설명을 추가하였음

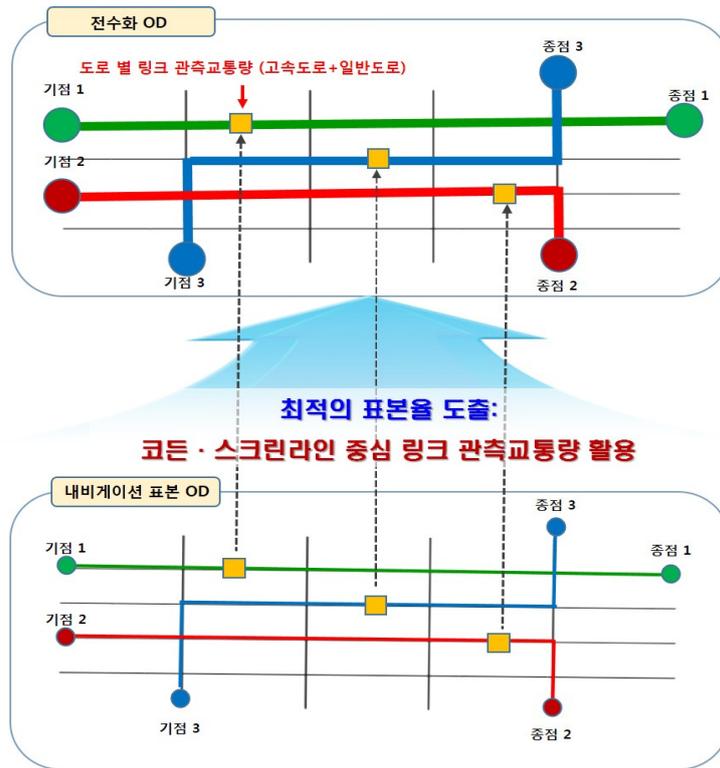


<그림 2- 36> Model 수학적 구조

- <그림 2- 36>에서 제시한 바와 같이 상위 문제에 위치하는 최우추정모형은 표본 추출된 내비게이션 자료가 얻어질 우도(Likelihood)를 극대화하는 기종점 통행량을 추정함
- 즉, 최우추정법에 의해 얻어지는 기종점 통행량은 내비게이션 표본이 얻어질 확률이 극대화 되는 전체 기종점 통행량이며, 결과적으로 최적의 표본율과 최적 OD를 추정함
- 하위 문제(최소자승법) 경우 TCS 자료로 계산된 고속도로 영업소의 유입교통량과 유출교통량에 대하여 관측값과 추정값의 편차가 최소화되도록 전체 교통망의 기종점 통행량 최적값을 찾음

나. 2015년 과제 OD 추정 기법의 특징

- 앞서 설명한 2014년 과제에서는 OD 추정 모형을 위한 관측 자료로서 고속도로 유출입 교통량만을 고려하여 Type 1 기종점 교통량에 대한 추정에만 OD 추정 모형을 사용하였으나, 2015년 과제에서는 코든과 스크린라인을 중심으로 일반 도로의 링크 관측 교통량을 OD 추정에 적용할 계획이기에 모든 KTDB OD 교통량에 대한 추정 및 검증이 이루어질 것임
- 이와 관련하여 간선도로 관측교통량의 경우 일부 링크에서 추정된 교통량이 사용될 수 있으며, 이러한 추정 링크교통량의 검증을 위해 링크 교통량 상호검증 기술을 개발하도록 함
- 물론 2015년 연구에서 개발되는 OD 추정모형에서도 내비게이션 표본 OD는 OD 교통량 추정의 Seed OD로서 반영되어 관측교통량 재현만으로 추정되는 기종점 교통량이 갖는 수학적 한계를 완화하는데 사용될 것임
- KTDB 교통망의 규모를 고려할 때 이 정도의 대형 교통망에서 OD를 추정하는 과제는 전례를 찾을 수 없음
- 추정 대상이 되는 기종점 쌍의 숫자가 매우 많고 추정에 사용되는 자료도 방대하기에 이론적인 교통망에서 개발된 OD 추정 모형을 수정 없이 적용할 경우 상당한 추정 오차와 막대한 계산 시간이 소요될 수 있으며, 계산 메모리 부족등으로 추정이 불가능할 가능성이 높음
- 이러한 문제의 가장 근본적인 원인은 과다한 기종점 쌍의 숫자와 통행배정 모형 이용에 따른 계산량 증가임
- 따라서 올해 과제에서는 내비게이션 자료를 최대한 이용하여 통행배정모형을 이용하지 않고 내비게이션 자료에서 확인된 통행 패턴을 활용할 수 있는 OD 추정 모형을 개발할 것임
- 다음 <그림 2- 37>과 같이 실제 통행의 참값인 도로 별 관측교통량 및 TCS OD 등을 통해 내비게이션 표본 OD에 적용할 수 있는 합리적인 표본율을 도출할 수 있게 된다면 내비게이션 표본 OD를 쉽게 전수화 OD로 구성할 수 있음
- 또한, OD 추정 방법으로 특정 기종점의 링크 통과비율(R_a^{ij})를 계산할 수 있게 되면 실제 관측교통량을 대입하여 손쉽게 통행배정이 가능하게 됨
- 즉, 기종점 간에 통과 비율은 정의 되었기에 기점에서 출발하는 교통량만 입력하게 되면 별다른 통행 배정 없이 각 링크에서 통행량을 추정할 수 있을 것으로 판단 됨
- 본 방법은 실제 관측 자료와 통행 자료를 이용하였기에 보다 신뢰성 있는 OD를 추정할 수 있을 것으로 판단됨

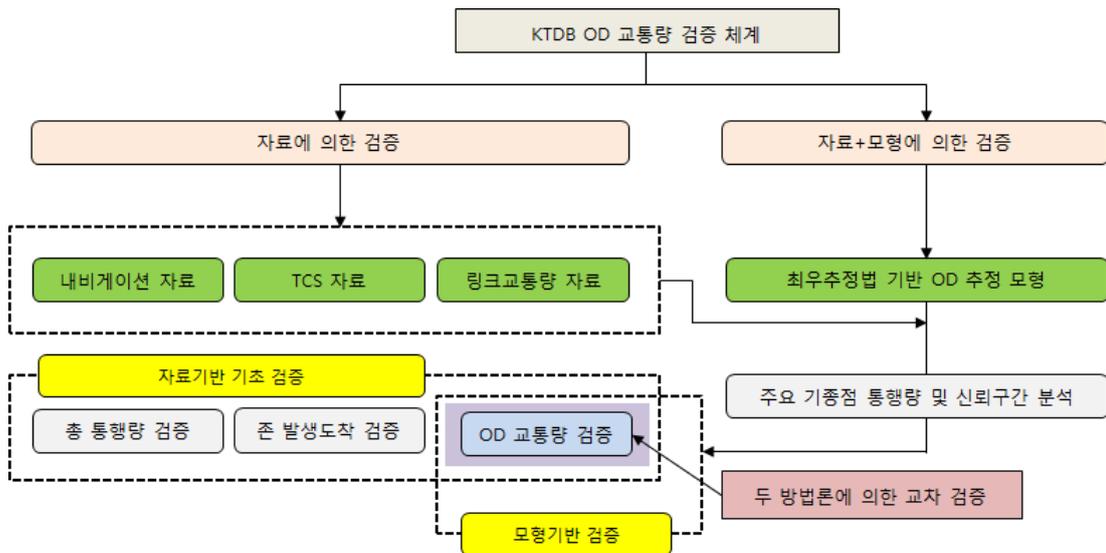


<그림 2- 37> 내비게이션 자료를 활용한 OD 추정

- 그리고 추정 대상이 되는 기종점 쌍 역시 KTDB OD에서 일정한 크기 이상의 교통량이 존재하는 기종점쌍 중 내비게이션 자료를 통해 검증이 가능한 기종점쌍으로 제한하며 그 선정 기준에 대한 연구를 진행할 것임
- 올해 과업에서 교통량 조사지점 및 추정 교통량이 검증된다면 OD를 전수화하는 과정에서 1차적인 검증이 이루어지고, 전수화 된 OD를 TCS, 내비게이션데이터, 관측교통량 등을 활용하여 2차 검증을 수행할 수 있기에 전수화 된 OD의 사전·사후 검증이 이루어져 분석의 신뢰성은 높아질 것으로 판단됨.
- 본 연구를 통해 OD 검증의 신뢰성을 높일 것으로 판단되며, 전수화 된 OD가 교통 분야의 여러 연구에서 타당성을 확보할 수 있을 것으로 판단됨

다. 두 검증 기법을 이용한 교차검증 방안

- 앞서 밝힌바와 같이 본 연구에서는 내비게이션 표본 OD를 전수화하여 검증에 사용하는 방안과 OD 추정 모형을 사용하는 방안을 개발함
- 이 두 가지 검증 기법은 독립적으로 검증에 사용되는 것은 아니며 이미 2014년 연구에서 이 둘을 함께 활용하는 교차 검증 체계를 <그림 2-38>과 같이 제안한 바 있음



<그림 2- 38> 2014년 과제에서 제시된 KTDB 기종점 교통량의 교차검증 계획

- 2014년 개발된 검증 체계를 기초로 올해 연구에서도 개선된 형태의 교차 검증 체계를 제안할 것임
- 특히 2014년에 비하여 OD 교통량 추정 모형을 통해 추정되는 기종점쌍이 간선도로 통과 교통량까지 확대되는 상황을 반영한 검증 체계를 제안할 것이며, 추정 링크 교통량이 사용되는 상황도 체계 개선에 반영할 것임

3. 관측 자료를 이용한 기종점 통행량 추정 기술 개발

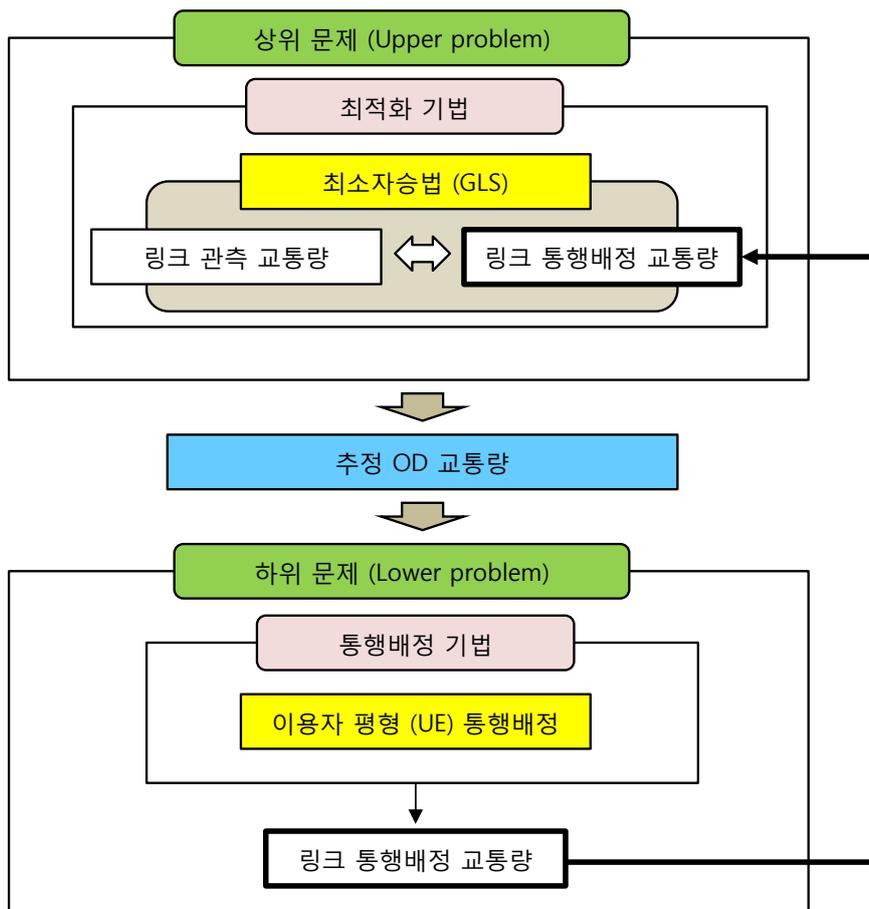
가. 추정 대상 기종점 쌍 선정 방법론

- 현재 KTDB 지역 간 교통망의 기종점교통량 표에는 총 60,307개의 기종점 쌍이 정의되어 있으며, 이중 교통량이 1 이상인 기종점 쌍은 49,695개, 교통량이 10 이상인 기종점 쌍은 27,516개가 존재함
- 이렇게 KTDB 기종점 표에 교통량이 정의된 모든 기종점 쌍에 대하여 OD 교통량 추정을 시행할 수는 없는데 그 이유는 크게 세 가지임
- 첫 번째 이유는 기종점 교통량이 일정 크기 이하인 경우 추정에 따른 OD 교통량의 갱신 신뢰도가 매우 낮은데, 이러한 기종점 쌍이 과다하게 포함되는 경우 교통량이 많은 주요 기종점 쌍의 교통량 추정에 오차를 발생시키는 원인이 되기 때문임
- 따라서 KTDB OD 교통량 자체가 일정수준 이상인 기종점쌍만 OD 추정 모형을 통한 기종점 교통량 추정 대상으로 선정 되어야 함
- 두 번째 이유는 본 연구의 경우 내비게이션 표본 OD를 사용하는데 KTDB OD 교통량이 일정 크기 이상이어서 OD 교통량 추정 대상이 된다 하더라도 내비게이션 표본 기종점 교통량이 0인 경우 추정과정에서 교통량이 과소추정 될 가능성이 매우 높기 때문에 내비게이션 표본 기종점 교통량이 일정 크기 이상인 KTDB OD 쌍에 대해서만 OD 추정이 이루어져야 함
- 마지막으로 기종점 쌍의 숫자가 매우 많은 경우 OD 추정에 필요한 계산량이 과다하여 분석이 불가능할 수 있음
- 계산 메모리 부족이나 계산 시간의 문제가 발생할 수 있어 OD 추정 모형에 의한 분석이 무의미한 경우에는 추정 대상에서 제외하는 것이 바람직함
- 이상의 3가지 이유에 따라 본 연구에서는 KTDB 기종점 쌍들 중에서 분석 대상이 되는 주요 기종점 쌍들을 선정하고, 이들을 대상으로 링크 관측 교통량을 비롯한 다양한 관측 자료를 이용하는 OD 추정 모형을 개발할 것임

나. 관측 자료 기반 OD 추정모형 개발

1) OD 추정 모형의 구조

- 관측 자료를 이용한 OD 추정 모형의 경우 주로 Bi-level 최적화 문제로 구성되며, <그림 2-39>와 같이 상위문제에서는 관측자료와 추정 모형에 의해 계산된 결과간의 차이를 최소화 시키는 것을 목표로 하며, 하위문제의 역할은 상위문제에서 갱신된 기종점 통행량을 이용하여 관측 자료의 추정값을 계산하는 것임
- 가장 단순한 형태의 OD 추정 모형의 경우 관측 자료로 링크 관측 교통량을 사용하고, 상위 문제에서는 링크 관측교통량과 통행배정 링크 교통량간의 차이를 최소화하도록 OD 교통량을 조정하며, 하위문제의 경우 조정된 OD 교통량을 통행배정하여 링크 교통량을 계산하는 역할을 수행함



<그림 2- 39> Bi-level OD 추정 모형의 기본 구조

- OD 추정모형 연구 초기단계에서 많이 이용되던 상위문제의 목적 함수는 통행배정 링크 교통량과 링크 관측 교통량 간의 편차를 최소자승(General Least Square, GLS) 항으로 정의하고 교통량이 조사된 모든 링크에 대해 합해 그 총계를 최소화 하는 방법이었음
- 그러나 Kim (2008)에서 설명한바와 같이 수학적으로 추정해야할 기종점 쌍의 숫자가 링크 관측지점의 숫자보다 일반적으로 훨씬 많기 때문에 링크 관측 교통량이 완전히 재현되는 OD 교통량을 추정하였다 하더라도 그 OD 교통량이 관측 링크 교통량을 발생시킨 OD 교통량이라 수학적으로 보장할 수 없는 한계가 존재함
- 즉, 링크 관측교통량만을 이용할 경우 관측 자료를 재현하는 기종점 교통량의 조합은 무한히 많이 존재할 수 있어 <그림 2- 39>에서 제시한 Bi-level 구조의 OD 추정모형이 실제 기종점 통행량을 정확히 추정한다고 수학적으로 보장하기 어려움
- 이러한 한계를 극복하기 위해 많이 사용되는 방법이 링크 관측교통량 외에 추가로 다양한 자료를 OD 추정에 활용하는 것임
- 가장 대표적인 보완 자료는 이용 가능한 기종점교통량 자료로서 Yang 외 (1998)을 비롯한 다양한 연구에서 참조 기종점표 (Reference OD table)를 상위문제의 목적함수에 반영한 최소자승 목적함수를 사용한 바 있음

$$\sum_a (\hat{x} - \bar{x})^2 + \alpha \cdot \sum_{ij} (\hat{T}^{ij} - \bar{T}^{ij})^2 \quad (1)$$

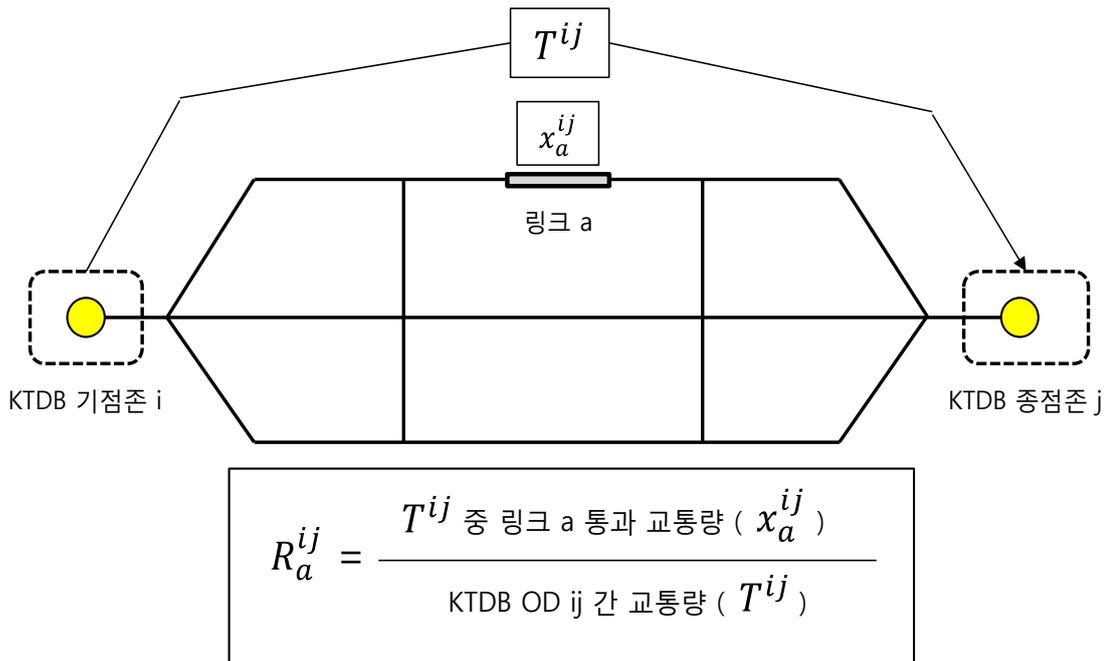
- 식 (1)의 α 는 관측 링크 교통량에 대한 참조 기종점표의 상대적인 중요도를 반영하는 가중치이며, 이 값은 분석가의 재량에 의해 정의되는 것임
- 참조 기종점표의 경우 일반적으로 가장 최근에 가구통행조사 등을 통해 구축된 통행 기종점표를 사용함
- 식 (1)의 목적함수를 사용할 경우 가중치 α 값이 크게 정의되면 참조 기종점표를 크게 변화시키지 않도록 하면서 관측 링크 교통량을 반영하여 일부 기종점표의 조정을 수행하는 반면, 가중치 α 값을 작게 정의하면 참조 기종점표를 크게 수정하더라도 최대한 링크 관측교통량에 유사한 링크 통행배정 교통량을 발생시키는 기종점표를 추정하게 됨
- 그러나 식 (1)의 경우 가중치 α 을 어떻게 결정하는지에 따라 추정 결과가 달라지기 때문에 추정결과의 임의성이 크고, 참조 기종점표의 신뢰도가 낮을 경우 정확한 OD 추정이 어려우며, 참조 기종점표가 반영되더라도 수학적으로는 추정대상 기종점 쌍의 숫자에 비해 관측자료의 숫자가 여전히 매우 크다는 한계가 존재함

- 이러한 한계를 완화하기 위해 추가 자료를 이용한 OD 추정 기법들이 다양하게 시도되었으며(Kim, 2008), 이중에서도 최근에는 GPS 자료나 카 내비게이션 자료와 같은 차량 궤적 자료를 이용한 기법들이 등장하고 있음
- Kim (2008)의 경우 차량 궤적 자료를 이용하여 표본 OD 표를 작성해 상위문제의 목적함수에 반영하였으며, 궤적자료를 이용하여 하위문제의 통행배정에도 사용하였음
- 차량 궤적 자료에서 얻어진 표본 OD를 OD 추정에 사용하는 경우 실측 OD 자료를 이용하는 점에서 OD 추정의 정확도 향상에 도우며 될 수 있으나, 표본율이 기종점간에 편차가 심할 경우 OD 추정의 정확도가 오히려 악화될 수 있다는 문제점도 함께 존재함
- 본 연구에서는 링크 관측교통량과 함께 차량 내비게이션 자료 및 고속도로 TCS 자료를 동시에 이용하는 OD 추정 모형을 개발할 것임
- 이때, 링크 관측교통량의 경우 현재 이용가능한 교통량 자료는 크게 두 종류로 구분되는데, 첫 번째는 실측 조사를 통해 얻어진 자료이고, 두 번째 자료는 실측 교통량자료를 기반으로 추정된 추정 링크 교통량임
- 이 두 가지 자료는 OD 추정에는 모두 도움이 되지만 추정 링크 교통량의 정확도는 실측 링크 교통량 보다는 낮기 때문에 이러한 자료의 신뢰도 차이를 어떻게 차별화하여 OD 추정과정에 반영할 것인가 하는 것이 본 연구에서 주요한 과제임
- 또, Yang (1998)이나 이승재 (2003) 및 백승걸(1998) 등의 많은 연구에서 지적된바와 같이 무조건 많은 교통량 조사지점을 추가하는 것이 OD 추정에는 도움이 되지 않기 때문에, 본 연구에서 결정되는 코든라인 교통량을 중심으로 선정된 기종점 교통량 검증 지점 교통량을 중심으로 관측 교통량 자료를 구성해 OD 추정에 사용토록 함
- 링크 관측교통량 외에 본 연구에서 OD 추정을 위해 사용하는 또 다른 자료는 자동차 내비게이션 표본 자료임
- 내비게이션 데이터는 기존에 OD 추정에 사용되던 링크 관측 교통량을 비롯한 자료들에 비하여 전 교통망에서의 통행 패턴에 대한 직접적인 정보를 주는 자료라는 점에서 매우 가치가 있음
- 본 연구에서는 이러한 정보적 가치를 최대한 이용하고자 OD 추정의 전 과정에서 다양하게 내비게이션 자료를 이용함
- 내비게이션 자료를 이용하는 첫 번째 과정은 OD 추정 대상 기종점 쌍을 선정으로, 본 연구에서는 일정 표본수 이상의 내비자료가 존재하는 기종점 쌍에 대해서만 OD 추정을 시행함

- 두 번째 단계는 내비게이션 자료를 집계하여 얻은 표본 OD를 OD 추정 목적함수에 반영하는 것임
- 내비게이션 표본 OD를 목적함수에 반영하는 방법으로는 최우추정 목적함수를 이용한 OD 추정 모형을 사용하는 방법이 있는데 이 경우 표본 OD의 신뢰도가 높다면 상당히 정확한 OD 교통량 추정이 가능함
- 본 연구에서 내비게이션 자료를 이용하는 세 번째 단계는 통행배정 단계임
- 일반적 OD 추정 문제에서는 하위 문제에서 기종점 통행량을 교통망에 배정하여 링크 교통량을 얻게 되며, 이 과정을 수학적으로 나타내면 식 (2)와 같음

$$\hat{x}_a = \sum_{ij} \hat{T}^{ij} \cdot R_a^{ij} \quad (2)$$

- 이때 R_a^{ij} 는 <그림 2- 40>과 같이 기종점 ij의 교통량 중 링크 a를 통과하는 교통량의 비율을 나타내며, Assignment map 또는 Assignment projection로 정의함



<그림 2- 40> R_a^{ij}의 정의

- 전통적인 OD 추정 모형의 하위문제에서는 R_a^{ij} 의 계산을 위하여 이용자 평형 (User Equilibrium) 통행배정 모형을 사용함

- 이용자 평형 통행배정 모형을 R_a^{ij} 의 계산에 이용하는 경우 OD 추정 전체의 계산량이 매우 커지고, 이용자 평형 가정 자체가 통행시간 및 비용 이외의 설명요소를 고려하지 않고, 이용자들의 완전정보 가정 및 동질성 가정에 의존하는 등 현실의 운전자들의 경로선택 행태와는 차이가 클 가능성이 높기 때문에 OD 추정의 정확도를 훼손할 가능성이 높다는 문제점이 있음
- 그러나 통행배정 모형의 이용 외에 R_a^{ij} 를 계산할 수 있는 방법이 없었기 때문에 기존의 연구에서는 이용자 평형 통행배정 모형을 이용해왔음
- 본 연구에서는 이러한 기존 기법들의 한계를 내비게이션 자료를 이용하여 R_a^{ij} 를 계산하는 방법을 개발함으로써 극복하였음
- 본 연구에서 OD 추정을 위해 사용하는 마지막 실측자료는 고속도로 TCS 자료임
- 고속도로 TCS 자료는 고속도로 영업소간의 통행자료로서 이미 2014년 과제를 통해 OD 추정에 핵심 자료로 사용된 바 있음
- 2014년 과제에서는 최우추정법 기반 목적함수와 최소자승법으로 구성된 목적함수를 동시에 상위문제에서 이용하였는데, 이중 상위문제 내 하위문제로 적용된 최소자승법 문제는 고속도로 유출입 교통량을 관측치와 배정치 간의 차이가 최소가 되도록 하는 것이었으며, 그 형태는 식(3)와 같음
- 고속도로 TCS 자료를 영업소 별로 유출입 교통량으로 집계하여

$$\text{Min} \sum_r \{ \widehat{O}_{tcs}^r - \overline{O}_{tcs}^r \}^2 + \sum_s \{ \widehat{D}_{tcs}^s - \overline{D}_{tcs}^s \}^2 \quad (3)$$

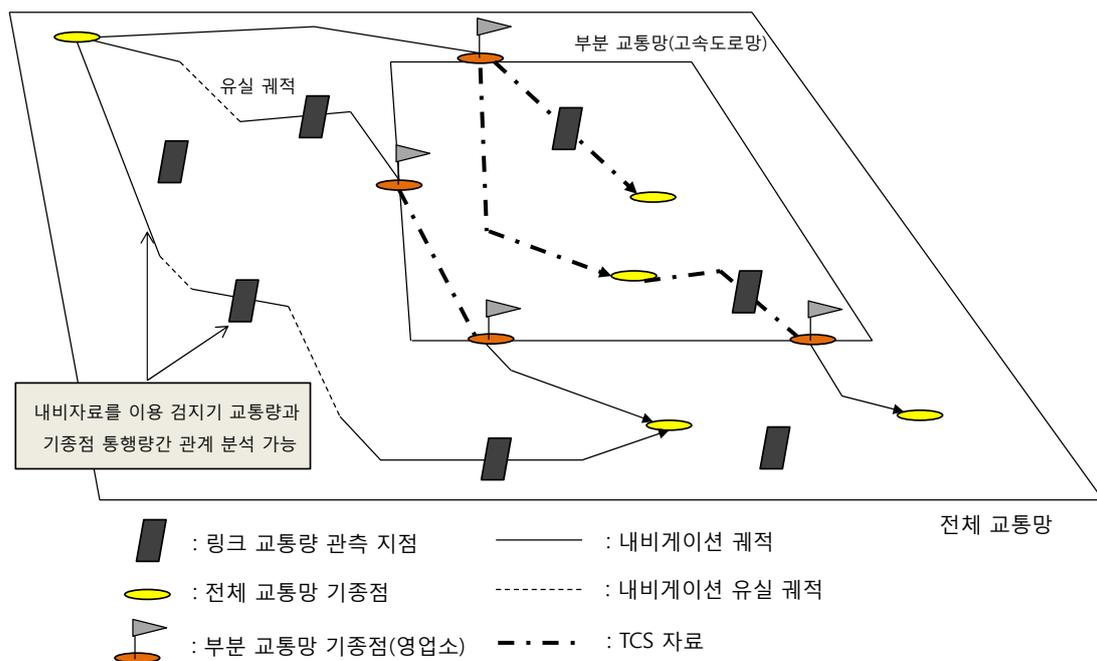
- 이때 고속도로 영업소의 유입 및 유출 교통량의 추정치는 아래 식들을 통해 계산될 수 있음

$$\widehat{O}_{tcs}^r = \sum_j \widehat{T}_{KTDB}^{ij} \cdot R^{ir} \quad (4)$$

$$\widehat{D}_{tcs}^r = \sum_i \widehat{T}_{KTDB}^{ij} \cdot R^{sj} \quad (5)$$

- 2014년 KOTI의 연구에서 개발한 OD 추정 모형의 경우 일반도로의 관측교통량을 OD 추정에 이용하지 않았고, 일반 도로를 통과하는 기종점 교통량은 내비게이션 표본 OD에 의해, 고속도로 통과 기종점 교통량은 내비게이션 표본 OD와 고속도로 유출입 교통량을 통해 추정하는 구조를 가지고 있었음
- 따라서 일반도로만을 통과하는 기종점의 경우 교통량 추정에 있어 링크 관측교통량을 이용한 갱신이 이루어지지 않는 한계가 있었음

- TCS 자료를 OD 추정에 이용할 때 발생하는 또 다른 문제는 TCS의 수집공간의 한계에 따른 것임
- TCS 자료는 매일 전수 교통량이 수집된다는 점에서 정확도는 높으나 KTDB 지역 간 교통망의 공간은 전 국토인 반면, TCS 자료가 수집되는 공간은 고속도로 교통망이라는 자료 수집 공간의 한계가 존재함
- KOTI(2014)에서는 이러한 공간의 차이를 <그림 2- 41>과 같이 설명하고, 고속도로 교통망을 KTDB 교통망의 부분교통망으로 정의한 OD 추정 방식을 이용함
- 그러나 KOTI (2014)에서는 TCS 자료가 영업소간의 OD이므로 KTDB OD 교통량 추정에 직접 이용할 수 있는 기종점 교통량 패턴 정보를 갖고 있음에도 불구하고 이를 영업소 유출입 교통량으로 집계하여 이용함으로써 OD 자료를 링크 교통량 자료 형태로 변환해 사용하였음



<그림 2- 41> 부분교통망으로서의 고속도로 교통망 (KOTI, 2014)

- 이에 따라 TCS 자료가 가진 공간 정보가 영업소라는 지점 정보로 축약되고 생략되는 과정을 통해 정보의 훼손이 발생하였음
- 2015년 연구에서는 이러한 문제점을 개선하고자 TCS 자료를 영업소 유출입 교통량 재현만을 위해 사용하지 않고 TCS OD의 재현 자체를 목적함수에 반영하여 OD추정을 수행하는 모형을 개발하였음

- 이러한 기술의 개발은 부분 교통망의 OD를 전체 교통망의 OD로 확장하는 기술을 확보한다는 점에서 의미가 있으며, 현재 다양한 정보통신 기술을 통해 수집되는 여러 형태의 부분교통망 OD, 예를 들어 교통카드 데이터 등을 통한 대중교통망 OD 추정 등에도 적용될 수 있는 중요한 기술임

2) 복수 자료를 이용한 OD 추정 모형의 개발

- 본 연구에서 개발하는 OD 추정 모형의 수학적 설명을 위해서는 먼저 KTDB OD쌍을 추정 대상 OD쌍과 추정 제외 OD 쌍으로 구분해야 함
- 설명을 위해 추정대상 OD쌍의 교통량은 변수라는 점을 고려해 첨자 v 를 붙여 \widehat{T}_v^{ij} 로 표기하고, 추정에서 제외하는 OD쌍의 경우 상수로 고려한다는 점에서 c 를 붙여 \widehat{T}_c^{ij} 로 표기함

$$\widehat{T}^{ij} = \widehat{T}_c^{ij} \quad \text{if } T_{KTDB}^{ij} \leq T_{\min} \text{ or } \overline{t}^{ij} \leq \overline{t}_{\min} \quad (6)$$

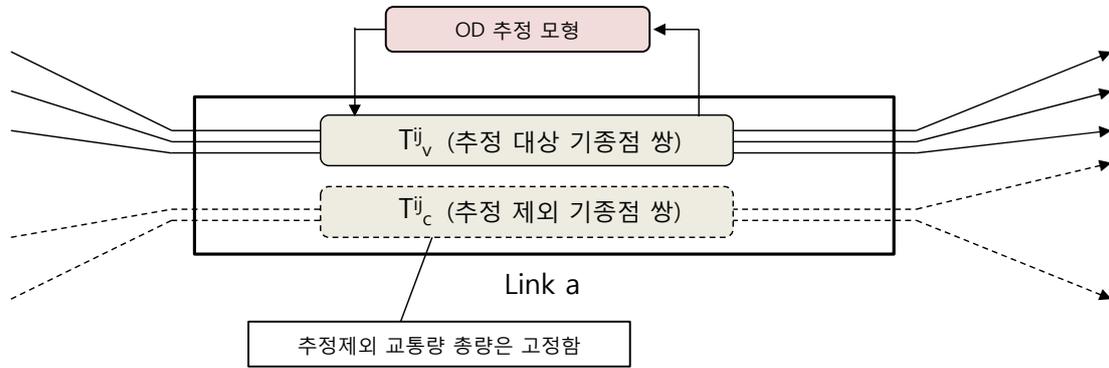
$$\widehat{T}^{ij} = \widehat{T}_v^{ij} \quad \text{if } T_{KTDB}^{ij} > T_{\min} \text{ and } \overline{t}^{ij} > \overline{t}_{\min} \quad (7)$$

- 위 식에서 T_{KTDB}^{ij} 는 기종점 ij 의 KTDB 교통량을, T_{\min} 은 KTDB 교통량 기준 추정대상 기종점 선정 최소 교통량을 나타냄
- 또, \overline{t}^{ij} 는 기종점 ij 의 내비게이션 표본량 (내비게이션 표본 OD)를, \overline{t}_{\min} 은 내비게이션 표본 OD 기준 추정대상 기종점 선정 최소 교통량을 나타냄
- 따라서 추정 대상 기종점쌍이 되기 위해서는 KTDB 교통량과 내비게이션 표본수 모두가 최소 기준치보다 커야 함
- T_{\min} 과 \overline{t}_{\min} 은 OD 추정에 이용되는 관련 자료의 수준과 량을 고려해 분석가가 설정함
- 이렇게 KTDB OD 표 내의 기종점쌍을 두 종류로 구분하면, 이 정의에 따라 KTDB OD 교통량과 링크 관측 교통량 간의 관계는 아래 식과 같이 정의할 수 있음

$$\widehat{x}_a = \widehat{x}_{a,c} + \widehat{x}_{a,v} = \sum_{ij \in T_c} \widehat{T}_c^{ij} \cdot R_a^{ij} + \sum_{ij \in T_v} \widehat{T}_v^{ij} \cdot R_a^{ij} \quad (8)$$

- 식 (8)에서 링크의 교통량은 <그림 2- 42>와 같이 추정대상 기종점에 의한 교통량과 추정대상 기종점에 의한 교통량의 합으로 구성된다고 정의할 수 있음
- 전체 링크 교통량 중 본 연구에서 OD 추정에 사용되는 교통량은 추정대상 기종점쌍에 의한 링크 교통량임
- 링크 교통량이 기종점 교통량에 의하여 정의되면 다음 단계로 OD 추정모형의 상위문제 정의가 가능함

- 본 연구에서는 2014년 KOTI의 연구에서 제시한 두 가지 목적함수에 새롭게 추가된 일반도로 링크 교통량을 재현하는 것을 추가하여 3개의 OD 추정 목적함수를 결합해 상위문제를 구성함
- 첫 번째 목적함수는 최우추정법 기반의 내비게이션 표본 OD를 이용하는 OD 추정 모형임



<그림 2- 42> 추정대상 및 제외 기종점 교통량과 링크 교통량간의 관계

- 목적함수의 기본적인 구조는 2014년 KOTI의 연구에서 사용한 표본 OD를 이용한 최우추정 목적함수와 동일하며 식(9)와 같음

$$T_v^{ML} = \max \ln L(\bar{t}_v | T_v) \quad (9)$$

$$\sum_{j \in J} (T_c^{ij} + T_v^{ij}) = \hat{O}^i \quad (10)$$

$$\sum_{i \in I} (T_c^{ij} + T_v^{ij}) = \hat{D}^j \quad (11)$$

$$T^{ij} \geq 0 \quad (12)$$

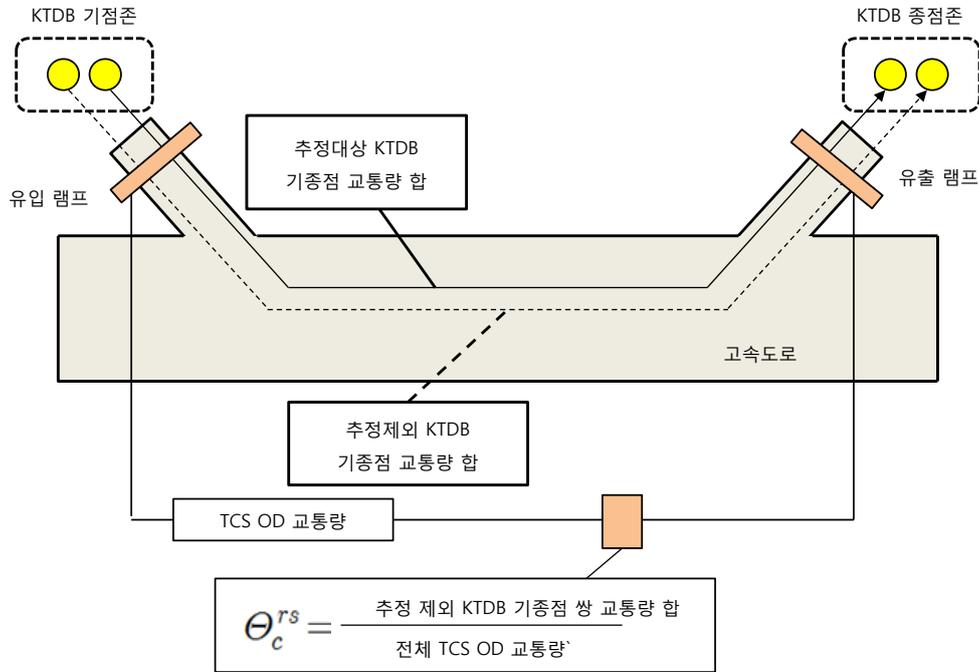
- 즉 OD 갱신의 첫 번째 목표는 내비게이션 표본 OD가 추출될 수 있는 우도를 극대화하는 OD 교통량을 추정하는 것으로, 단 이때 목적함수에서는 추정대상 기종점쌍 만을 고려함
- 본 연구에서 사용되는 두 번째 목적함수는 고속도로 TCS OD 교통량과 가장 가까운 고속도로 영업소간 교통량을 재현하는 KTDB OD 교통량을 추정하는 것임
- 이를 위해서는 먼저 고속도로 영업소 rs간 교통량(T_{tcs}^{rs})을 KTDB OD 교통량으로부터 계산하는 식이 필요함

$$\hat{T}_{tcs}^{rs} = \sum_{ij} \hat{T}^{ij} \cdot H_{rs}^{ij} \quad (13)$$

- 식 (13)에서 H_{rs}^{ij} 는 기종점 ij간의 교통량 중에서 고속도로 영업소 r과 s를 통과한 교통량의 비율을 나타내는 것임
- KTDB의 기종점 쌍을 추정 대상 기종점과 추정 제외 기종점으로 구분하여 정의하므로, 이에 다른 식은 식 (14)와 같음

$$\hat{T}_{tcs}^{rs} = \sum_{ij \in T_c} \hat{T}_c^{ij} \cdot H_{rs}^{ij} + \sum_{ij \in T_v} \hat{T}_v^{ij} \cdot H_{rs}^{ij} \quad (14)$$

- 수학적으로는 식 (13)와 같이 추정 대상 기종점과 추정 제외 기종점 쌍에 대하여 모두 H_{rs}^{ij} 를 계산하여야하는데, 모든 기종점 쌍에 대하여 H_{rs}^{ij} 를 계산하는데는 막대한 시간과 메모리가 필요하여 대형 교통망에서는 거의 불가능함



<그림 2- 43> 고속도로 TCS OD 추정제외 교통량 비율

- 따라서 본 연구에서는 모든 TCS OD 에 대하여 전체 교통량 중 추정 제외 기종점에 의한 교통량 비율을 계산해 식을 단순화시켜 TCS OD 추정값을 계산함
- 고속도로 영업소 rs간의 기종점 통행량 중 추정대상에서 제외된 교통량에 의한 비율을 θ_c^{rs} 라고 정의하면 식 (14)는 식 (15)와 같이 다시 쓸 수 있음

$$\hat{T}_{tcs}^{rs} = \hat{T}_{tcs}^{rs} \cdot \theta_c^{rs} + \sum_{ij \in T_v} \hat{T}_v^{ij} \cdot H_{rs}^{ij} \quad (15)$$

- 또는,

$$\hat{T}_{tcs}^{rs} = \frac{1}{(1 - \Theta_c^{rs})} \cdot \sum_{ij \in T_v} \hat{T}_v^{ij} \cdot H_{rs}^{ij} = \Phi^{rs} \cdot \sum_{ij \in T_v} \hat{T}_v^{ij} \cdot H_{rs}^{ij} \quad (16)$$

- 고속도로 영업소간의 교통량이 KTDB 기종점 교통량으로 정의 가능해지면, 앞서 설정한 목표표를 반영하여 목적함수를 구성할 수 있음

$$Min \sum_{rs} \left(\hat{T}_{tcs}^{rs} - \overline{T}_{tcs}^{rs} \right)^2 \quad (17)$$

- 식 (17)에서 \overline{T}_{tcs}^{rs} 는 실제 관측된 고속도로의 TCS OD 교통량임
- 상위문제에서 마지막으로 고려되는 목적함수는 갱신된 기종점표를 통행배정하여 얻은 링크교통량이 관측 링크 교통량을 최대한 재현할 수 있는지를 평가하도록 구성함
- 링크 관측교통량 재현을 위한 목적함수는 일반적으로 최소자승법으로 식 (18)와 같이 구성됨

$$Min \sum_{a \in A} \left(\hat{x}_a - \overline{x}_a \right)^2 \quad (18)$$

- 식 (18)에서 \overline{A} 는 교통량이 관측된 링크 집합을 의미하는 것임
- 그런데 식 (18)의 경우 기종점 통행량을 이용해 통행배정 모형에서 계산된 \hat{x}_a 의 경우 존 간의 통행량만을 포함하고 있으나, 현장에서 실측을 통해 얻어진 \overline{x}_a 의 경우 존간 통행량과 존 내부 통행량을 모두 포함하고 있음
- 따라서 존 내부 통행량을 포함할 수 없는 \hat{x}_a 가 \overline{x}_a 를 재현하기 위해서는 실제보다 과대 추정된 기종점 통행량 \hat{T}^{ij} 가 계산되어야하는 문제가 발생함
- 물론 모든 관측 지점에서는 이러한 문제가 발생하지는 않는데 코든 라인 교통량의 경우 존간 통행만이 포함되므로 존 내부 통행량 비율은 0이 됨
- 그러나 존 내부에 위치한 교통량 조사지점의 경우 일반적으로 존 내부 통행량이 포함되어 기종점 통행량의 과다추정을 유발할 수 있음
- 이러한 과다추정 문제를 완화하기 위해 본 연구에서는 \overline{x}_a 중 존간통행량의 비율만($\overline{\phi}_a$)을 OD 추정과정에서 반영하도록 함
- 이 경우 식 (18)는 식 (19)와 같이 변환됨

$$Min \sum_{a \in A} \left\{ \hat{x}_a - \overline{\phi}_a \cdot \overline{x}_a \right\}^2 \quad (19)$$

- 식(19)에서 코든라인 교통량의 경우 $\overline{\phi}_a=1.0$ 이 됨
- 그런데 본 연구의 경우 조사를 통해 얻어진 교통량만을 OD 추정에서 사용하는 것이 아니라 추정에 의해 얻어진 링크 교통량도 OD 추정에서 사용하게 됨
- 추정 교통량의 경우 조사된 교통량에 비하여 그 신뢰도는 높지 않으나 기종점 통행량 추정에 있어 정보가 없는 기종점, 예를 들어 관측 조사 지점을 전혀 통과하지 않는 기종점의 OD 추정에서는 유용한 정보로 사용될 수 있음
- 그러나 실측에 의한 자료와 추정에 의한 자료의 신뢰도를 동일하게 부여할 수는 없기 때문에 식 (19)를 식 (20)와 같이 변형하여 신뢰수준에 가중치를 부여하도록 함

$$Min \sum_{a \in \overline{A}} \{\hat{x}_a - \overline{\phi}_a \cdot \overline{x}_a\}^2 + \tau \cdot \sum_{b \in \widehat{B}} \{\hat{x}_b - \overline{\phi}_b \cdot \overline{x}_b\}^2 \quad (20)$$

- 위 식에서 \overline{A} 는 교통량 관측조사가 이루어진 링크집합이며, \widehat{B} 는 교통량이 추정된 링크집합임
- τ 는 관측교통량에 대한 추정교통량의 상대적 정확도를 반영하는 가중치로서 0보다는 크고 1보다는 작아야 함($0 \leq \tau < 1$)
- 명시적으로 언급하지는 않았으나, 식 (20)가 존 내부통행량 비율을 필요로하기 때문에 교통량이 존재하더라도 존 내부 통행량 비율이 없는 링크들은 OD 추정에서 반영하지 않는 것을 원칙으로 함
- 존 내부 통행량은 내비게이션 자료를 통해 추정이 가능한데, 내비게이션 자료의 경우 표본을 통해 존 내부 통행량을 추정하므로 그 정확도에는 한계가 존재할 수 밖에 없음
- 반면 코든라인 교통량의 경우 조사 지점 위치상 존 내부통행량이 언제나 0이므로 존 내부 통행량을 반영해 관측교통량을 조정할 경우 코든라인 교통량이 다른 지점의 교통량에 비하여 상대적으로 OD 갱신을 위한 자료로서 정확한 값으로 간주할 수 있음
- 이러한 자료의 적합도 차이를 반영하면 식 (20)를 다시 식 (21)와 같이 변형할 수 있음

$$Min \sum_{a \in A_{cn}} (\hat{x}_a - \overline{x}_a)^2 + \tau_1 \cdot \sum_{b \in \widehat{B}_{cn}} (\hat{x}_b - \overline{x}_b)^2 + \pi \cdot \left\{ \sum_{a \in A_{in}} (\hat{x}_a - \overline{\phi}_a \cdot \overline{x}_a)^2 + \tau_2 \cdot \sum_{b \in \widehat{B}_{in}} (\hat{x}_b - \overline{\phi}_b \cdot \overline{x}_b)^2 \right\} \quad (21)$$

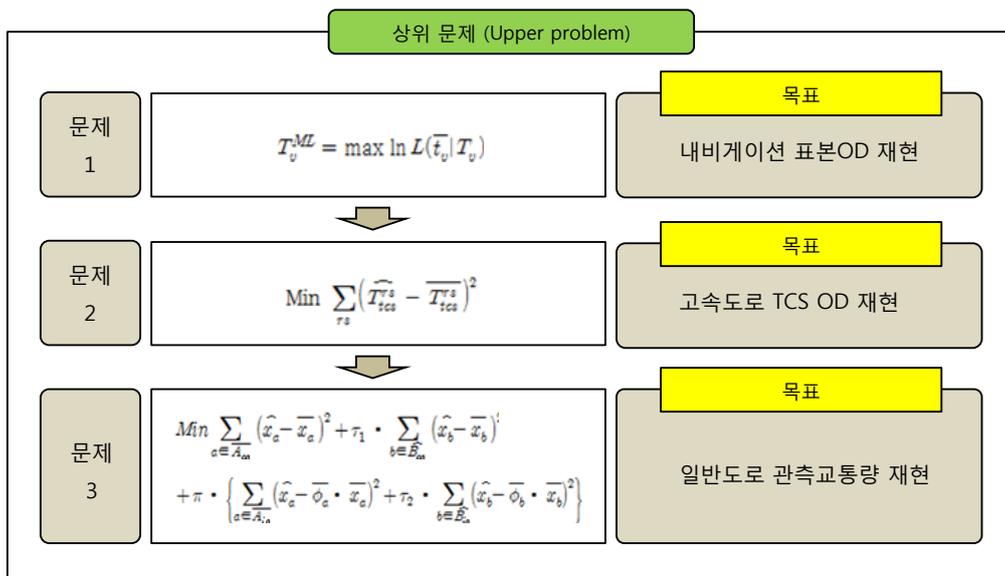
- 식 (21)에서 cn 은 코든라인을 나타내는 첨자이며, in 은 존 내부에서 관측된 교통량 지점을 나타내는 첨자임
- 식 (21)의 첫 번째 항과 두 번째 항은 코든라인 교통량에 대한 재현 목적함수로서, 코든라인 교통량은 존 내부 통행량을 포함하고 있지 않으므로 존 간 통행비율계수는 삭제 가능함
- τ_1 은 코든 라인 교통량 중에서 추정 교통량이 사용될 경우 관측 코든라인 교통량에 대한 상대적인 가중치를 나타냄
- 세 번째 항과 네 번째 항은 모두 존 내부에서 관측된 교통량을 재현하기 위한 목적함수로서 세 번째 항은 존 내부의 관측교통량 재현을, 네 번째 항은 존 내부의 추정 교통량 재현을 목적으로 하고, τ_2 는 존 내부 관측교통량 중 추정값의 관측값에 대한 상대적인 가중치를 나타냄
- 마지막으로 π 라는 가중치가 사용되었는데, 이 값은 코든라인 교통량에 대한 존내 관측 통행량의 상대적인 중요도를 나타내는 가중치로서 일반적으로는 0보다 크고 1보다 작도록 설정하여야 함 ($0 \leq \pi < 1$)
- <그림 2- 44>에서 보인바와 같이 4개 교통량 자료의 상대적 신뢰도를 비교하면 가장 신뢰도가 높은 교통량은 실측 코든라인 교통량임

| 교통량 유형별 목적함수 | 실측 교통량 | 추정 교통량 |
|--------------|---|---|
| 코든라인 교통량 | $\text{Min} \sum_{a \in A_{cn}} (\hat{x}_a - \bar{x}_a)^2 \quad (1)$ | $\text{Min} \sum_{b \in B_{cn}} (\hat{x}_b - \bar{x}_b)^2 \quad (3)$ |
| 존 내부 교통량 | $\text{Min} \sum_{a \in A_{in}} (\hat{x}_a - \phi_a \cdot \bar{x}_a)^2 \quad (2)$ | $\text{Min} \sum_{b \in B_{in}} (\hat{x}_b - \phi_b \cdot \bar{x}_b)^2 \quad (4)$ |

<그림 2- 44> 링크 관측 교통량 유형별 신뢰도 비교표

- 그 다음으로는 실측된 자료라는 점에서 존 내부 통행량이 포함되어 있기는 하지만 존 내부에 위치한 도로의 실측교통량이 신뢰도가 높은 것으로 판단할 수 있음
- 다음으로 세 번째는 추정교통량 중 존 내부 통행량이 포함되어 있지 않은 코든라인 교통량이 신뢰도가 높다고 판단할 수 있음

- 마지막으로 네 가지 유형의 교통량 중 가장 신뢰도가 낮고 OD 추정에 활용도가 낮은 교통량 자료는 추정된 존 내부에서 관측된 교통량임
- 식 (21)에 포함되어 있는 가중치를 설정할 때는 <그림 2-45>의 교통량 신뢰도 관계를 고려한 가중치 설정이 이루어져야 함
- 그밖에 실제 교통량 수집 특성과 교통량 자체의 변동성 때문에 도로의 등급에 따라, 도시부와 지방부 도로에 따라 신뢰도에 차이가 있을 수 있어 식 (21)의 목적함수는 유형별로 다시 구분할 수도 있으나, 본 연구에서는 전 국토에 대한 실제 OD 추정 연구가 최초의 관계로 문제의 복잡성을 최소화하여 더 이상의 유형 구분을 적용하지는 않음
- 따라서 본 연구에서 사용되는 상위 문제의 경우 <그림 2- 45>과 같이 세 가지의 목적함수로 구성되며, 세 개의 목적함수는 순차적으로 OD 교통량 갱신에 이용됨



<그림 2- 45> OD 추정 상위문제의 수학적 구성

- 세 개의 목적함수가 동시에 상위문제를 구성하기 때문에 가중치를 적용하여 하나의 목적함수를 구성하는 방법도 사용할 수 있으나, 현재 개별 목적함수 자체에도 가중치들이 많이 포함되어 있어 더 이상의 가중치를 추가하지 않기 위해 순차적인 목적함수 적용방법을 사용함
- 목적함수의 적용 순서는 먼저 KTDB 전체 기종점 통행패턴에 대한 정보를 제공하는 내비게이션 표본 OD의 정보를 가장 먼저 OD 교통량 갱신에 적용하고, 다음으로 고속도로 TCS OD 재현 목적함수를 적용함

- 내비게이션 표본 OD의 경우 KTDB OD의 구조를 결정할 수 있는 정보를 제공하고 전 지역에 대한 OD 교통량의 공간적 분포를 설명하는 자료이기 때문에 가장 중요한 자료로 판단해 첫 단계에 적용하였음
- 일단도로의 관측교통량 재현의 경우 지점 관측 자료를 이용한 OD 추정 단계이므로 OD 표의 구조 전체를 변경할 수 있는 중요한 자료는 아니지만 1단계와 2단계에서 추정된 공간분포 패턴을 조정하는 역할을 할 수 있어 가장 마지막 단계에 위치시켜 Fine tuning의 역할을 수행하도록 하였음
- 상위문제에서 OD 갱신이 끝나면, 추정된 OD를 하위 문제의 입력자료로 적용하여 상위문제에 필요한 자료를 생성해야 함
- OD 추정 문제의 하위문제는 통행배정 문제로서 OD 추정문제에서의 역할은 추정된 기종점 통행량 \widehat{T}_v^{ij} 을 링크 교통량 \widehat{x}_a 로 변환하는 것이고, 여기에 사용되는 R_a^{ij} 는 통행배정 모형을 통해 계산되어옴
- 그러나 본 연구에서는 R_a^{ij} 값을 내비게이션 표본 자료를 통해 계산하여 OD 추정에 필요한 계산 부하를 크게 감소시키고, 실제 운전자들의 경로선택 결과에 기초한 R_a^{ij} 값 계산이 가능토록 하였음
- 다만 현재 KTDB OD 쌍의 숫자가 10이상의 교통량을 가진 쌍들만 집계해도 49,695개이고, 링크의 숫자가 534,017개이기 때문에 이 둘 간의 관계를 모두 정의하는 것은 매우 방대한 저장 공간을 필요로 함
- 따라서 본 연구에서는 계산량의 감축을 위해 추정대상에서 제외된 기종점 통행량에 의한 링크교통량($\widehat{x}_{a,c}$)을 개별 링크마다 계산하여 이를 제외한 통행배정이 가능하도록 함

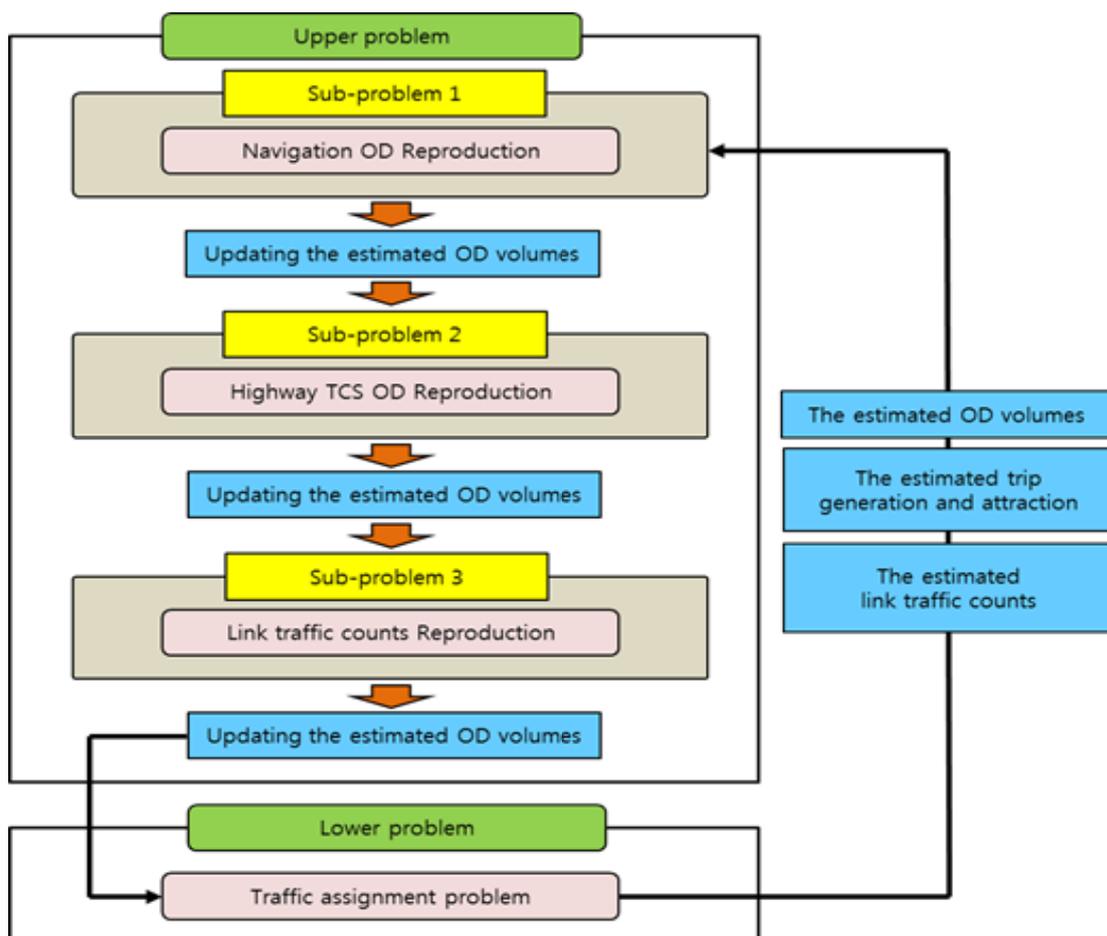
$$\widehat{x}_a = \widehat{x}_{a,c} + \widehat{x}_{a,v} = \widehat{x}_a \cdot \theta_{a,c} + \sum_{ij \in T_v} \widehat{T}_v^{ij} \cdot R_a^{ij} \quad (22)$$

- $\theta_{a,c}$ 는 링크 a의 교통량 중 추정제외 기종점에 의하여 발생한 링크 교통량 비율을 의미하며, 식(22)을 간단히 정리하면 식(23)을 얻을 수 있음

$$\widehat{x}_a = \frac{1}{(1 - \theta_{a,c})} \cdot \sum_{ij \in T_v} \widehat{T}_v^{ij} \cdot R_a^{ij} \quad (23)$$

- 이렇게 추정 링크 교통량이 계산되면 이 값은 상위문제 3의 입력 자료로 이용됨
- 현재 <그림 2-46>에서 제시한 바와 같이 본 연구에서는 3 개의 목적함수가 순차적으로 상위문제에서 적용되는 구조를 갖고 있는데, 실제 통행배정 결과를 반복해 이용하는 단계는 문제 3밖에 없음

- 따라서 상하위 문제를 모두 고려한 모형의 계산 구조는 <그림 2- 46>과 같음
- <그림 2-46>에서 문제 1의 경우 발생도착 총량을 고정시킨 상태에서 내비게이션 표본 OD를 추출하는 우도를 극대화하는 OD 교통량을 추정하게 됨
- Solution algorithm의 경우 문제 1은 내부 파라미터 추정을 위한 반복계산을 포함하고 있음
- 문제 2의 경우 문제 1에서 갱신된 OD 표를 입력 자료로 하여 KTDB OD 표를 고속도로 TCS OD로 변환하는 계산과정을 통해 TCS OD와의 편차가 최소가 되도록 추정 OD를 갱신하는 과정을 진행함
- 문제 2의 경우에도 Solution algorithm 내부적으로는 OD의 갱신과 KTDB OD의 TCS OD 변환 과정이 반복되어 진행됨
- 마지막으로 문제 3은 전형적인 링크교통량 재현 목표의 OD 추정 모형으로 구성되며, 통행 배정 모형을 이용하는 대신에 내비게이션 자료를 이용한 KTDB OD의 링크교통량 변환작업을 하위문제에 적용함



<그림 2- 46> 상하위 문제의 순환 계산 구조

- 문제 3이 종료되면 문제 3의 결과로 얻어진 추정 OD를 문제 1로 전달하고, 문제 3에서 추정된 최종 OD를 집계하여 각 존별로 발생량 및 도착량을 계산하여 모형 1에 입력자료로 사용함
- 모형 1-모형 2-모형 3으로 반복되는 순환 계산 과정은 더 이상 개별 기종점 통행량에 큰 변화가 없으면 종료함

3) OD 추정모형의 Solution 알고리즘

① Model 1 Solution 알고리즘

- <그림 2-46>에서 제시한 바와 같이 본 연구에서 개발한 OD 추정 모형은 3개의 목적함수를 상위문제에 포함하고 있음
- 따라서 각각의 목적함수에 대한 Solution algorithm이 필요함
- 먼저 내비게이션 표본 OD를 이용하여 KTDB OD를 추정하는 목적함수의 수학적 구성은 식(24)~ 식(27)과 같음

$$L = \sum_{ij} \{ \rho^{ij} \cdot T^{ij} - \hat{t}^{ij} \cdot \ln(\rho^{ij} \cdot T^{ij}) \} \quad (24)$$

subject to

$$\sum_j T^{ij} = \hat{O}^i \quad (25)$$

$$\sum_i T^{ij} = \hat{D}^j \quad (26)$$

$$T^{ij} \geq 0 \quad (27)$$

- 식(25)과 식(26)는 기점과 종점의 발생 및 도착 총량을 보전하기 위한 제약식이며, 식 (27)는 모든 기종점 통행량은 (+)여야 한다는 정의 제약임
- 식(24)~(27)의 최적해를 구하기 위해 이 식들의 Lagrangian formulation을 구성하면 식 (28)와 같음

$$L = \sum_{ij} [\rho^{ij} T^{ij} - \hat{t}^{s,ij} \ln \{ \rho^{ij} T^{ij} \}] + \sum_i \alpha^i \left\{ O^i - \sum_j T^{ij} \right\} + \sum_j \beta^j \left\{ D^j - \sum_i T^{ij} \right\} \quad (28)$$

- 식 (28)의 최적해를 계산하는 해법 알고리즘은 Spiess (1988)에 의해서 제시되었으며, Kim (2008)에서 동적 OD 추정문제 해결에서도 적용되었음

- 식 (28)의 추정대상 파라미터는 표본율 ρ^{ij} , 발생 및 도착 제약의 파라미터 α^i 와 β^j 이며, 반복 갱신 식은 각각 다음과 같음

- 최적 조건을 유도하면, 최적의 추정 기종점 통행량 \widehat{T}^{ij} 는 식 (29)와 같이 계산됨

$$\widehat{T}^{ij*} = \frac{\widehat{t}^{ij}}{\rho^{ij} + \alpha^i + \beta^j} \quad (29)$$

- 따라서 최적의 표본율은 다음과 같음

$$\rho^{ij} = \frac{\widehat{t}^{ij}}{\widehat{T}^{ij*}} - \alpha^i - \beta^j \quad (30)$$

- 최적의 표본율이 계산되면 발생 및 도착 제약의 파라미터 α^i 와 β^j 는 식 (31)과 (32)을 이용해 계산함

$$\alpha^{i,n+1} = \alpha^{i,n} + \frac{\sum_{j \in J} \frac{\widehat{t}^{ij}}{\rho^{ij} + \alpha^{i,n} + \beta^j} - \widehat{O}^i}{\sum_{j \in J} \frac{\widehat{t}^{ij}}{(\rho^{ij} + \alpha^{i,n} + \beta^j)^2}} \quad (31)$$

$$\beta^{j,n+1} = \beta^{j,n} + \frac{\sum_{i \in I} \frac{\widehat{t}^{ij}}{\rho^{ij} + \alpha^i + \beta^{j,n}} - \widehat{D}^j}{\sum_{i \in I} \frac{\widehat{t}^{ij}}{(\rho^{ij} + \alpha^i + \beta^{j,n})^2}} \quad (32)$$

- 각 반복계산마다 ρ^{ij} , α^i 및 β^j 는 순차적으로 갱신

② Model 2 Solution 알고리즘

- 상위 문제의 두 번째 목적함수는 고속도로 TCS 기종점 교통량을 가장 가깝게 재현하는 KTDB OD 교통량을 추정하기 위한 함수임
- 이러한 두 번째 상위문제는 GLS (General Least Square) 함수로 식 (33)와 같이 수학적으로 구성됨

$$\text{Min} \sum_{rs} (\widehat{T}_{TCS}^{rs} - \overline{T}_{TCS}^{rs})^2 \quad (33)$$

- 식 (33)에서 \widehat{T}_{TCS}^{rs} 는 고속도로 영업소 r에서 s로의 추정 고속도로 TCS 교통량이고, \overline{T}_{TCS}^{rs} 는 TCS 관측 OD임

- 그런데, 식 (33)는 고속도로 영업소간 교통량만을 포함하고 있기 때문에, 이 식으로는 지역 간 기종점 교통량을 최적화할 수 없음
- 따라서 식 (33)를 KTDB 지역 간 기종점 교통량으로 재정의 하여야 함

$$Z = \sum_{rs \in RS} \left(\Phi^{rs} \sum_{ij \in IJ} \hat{T}^{ij} \cdot H_{rs}^{ij} - \bar{T}_{TCS}^{ij} \right)^2 \quad (34)$$

- 식 (34)에서 H_{rs}^{ij} 는 기종점 ij간의 KTDB OD 교통량 중 고속도로 영업소 rs간을 통행하는 교통량의 비율을 의미함
- $\Phi^{rs} = 1/\omega^{rs}$ 이고 ω^{rs} 는 고속도로 영업소 rs간 TCS 교통량 중 추정대상 기종점 쌍의 교통량에 의한 교통량 비율을 나타냄
- 따라서, 목적함수 Z에 대한 추정제외 기종점 교통량의 Gradient 값은 식 (35)와 같이 계산됨

$$\frac{\partial Z}{\partial T_v^{ij}} = 2 \cdot \sum_{rs \in RS} \left(\Phi^{rs} \cdot \sum_{ij \in T_v} \hat{T}_v^{ij} \cdot H_{rs}^{ij} - \bar{T}_{TCS}^{rs} \right) \cdot \Phi^{rs} \cdot H_{rs}^{ij} \quad (35)$$

- 식 (35)에서 첨자 v는 기종점 쌍이 추정대상임을 의미하는 것임
- 따라서, 추정대상 기종점 교통량 T_v^{ij} 는 아래의 Iterative updating equation은 식 (36)와 같음

$$\hat{T}_{v,n+1}^{ij} = \hat{T}_{v,n}^{ij} + \left(1 - \lambda \cdot \frac{\partial Z}{\partial T_{v,n}^{ij}} \right) \quad (36)$$

- 식 (36)를 식 (33)에 대입해서 정리하면 목적함수 Z는 λ 의 함수로 정의할 수 있음

$$\text{Min } Z = \text{Min} \sum_{rs \in RS} \left[\Phi^{rs} \cdot \sum_{ij \in IJ} \left\{ \hat{T}_{v,n}^{ij} + \left(1 - \lambda \cdot \frac{\partial Z}{\partial T_{v,n}^{ij}} \right) \right\} \cdot H_{rs}^{ij} - T_{TCS}^{rs} \right]^2 \quad (37)$$

- 목적함수 Z를 최소화하는 최적 λ 는 $\partial Z / \partial \lambda = 0$ 의 조건을 만족하여야 함
- 따라서, 식 (37)를 λ 로 미분하여 0을 만드는 λ 를 계산하면 최적값을 얻을 수 있으며, 이 경우 최적값을 계산하는 식은 식 (38)와 같이 정의할 수 있음

$$\lambda^* = \frac{\sum_{rs \in RS} \left\{ \left(\hat{T}_{TCS}^{rs} - \bar{T}_{TCS}^{rs} \right) \cdot \left(\Phi^{rs} \cdot \sum_{ij \in T_v} \hat{T}_v^{ij} \cdot H_{rs}^{ij} \cdot \frac{\partial Z}{\partial T_v^{ij}} \right) \right\}}{\sum_{rs \in RS} \left(\Phi^{rs} \cdot \sum_{ij \in T_v} \hat{T}_v^{ij} \cdot H_{rs}^{ij} \cdot \frac{\partial Z}{\partial T_v^{ij}} \right)^2} \quad (38)$$

③ Model 3 Solution 알고리즘

- 마지막으로 세 번째 목적함수의 경우 링크 관측교통량을 기준으로 추정 교통량과 관측 교통량간의 차이를 최소화하는 목표를 수학적으로 GLS 함수로 구성한 것으로 OD estimation 문제에서 일반적으로 가장 흔히 사용되는 목적함수임

$$\text{Min} Z = \text{Min} \sum_{a \in A} (\hat{x}_a - \bar{\Phi}_a \cdot \bar{x}_a)^2 \quad (39)$$

- 식 (39)에서 링크 교통량 추정값은 KTDB OD ij간의 교통량과 식 (40)와 같은 관계를 가짐

$$\hat{x}_a = \sum_{ij \in IJ_c} \hat{T}_c^{ij} \cdot R_a^{ij} + \sum_{ij \in IJ_v} \hat{T}_v^{ij} \cdot R_a^{ij} \quad (40)$$

- 앞서 식들과 같이 첨자 c는 추정제외 기종점쌍을, 첨자 v는 추정대상 기종점쌍을 나타냄
- 이에 따라 기종점 쌍 IJ_c 는 추정 제외 기종점쌍 집합을, IJ_v 는 추정 대상 기종점쌍 집합을 나타내는데, 이때 IJ_c 에 의한 링크 교통량은 개별 기종점쌍에 대한 교통량 추정이 필요없기 때문에 링크를 통과한 IJ_c 쌍 전체에 의한 교통량 비율만 파악하면 됨
- 따라서 식 (40)는 식 (41)와 같이 단순화될 수 있음

$$\hat{x}_a = \hat{x}_{c,a} + \sum_{ij \in IJ_v} \hat{T}_v^{ij} \cdot R_a^{ij} \quad (41)$$

- 이러한 정의에 따라서 OD 추정에 사용되는 링크 관측교통량도 두 종류로 구분할 수 있음

$$\bar{x}_a = \bar{x}_{c,a} + \bar{x}_{v,a} \quad (42)$$

- 식 (41)와 식 (42)를 식 (40)에 대입하면 T_v^{ij} 에 대한 Z의 Gradient를 식 (43)와 같이 계산할 수 있음

$$\frac{\partial Z}{\partial T_v^{ij}} = 2 \cdot \sum_{a \in A} (\hat{x}_a - \bar{\Phi}_a \cdot \bar{x}_a) \cdot R_a^{ij} \quad (43)$$

- TCS OD의 경우와 마찬가지로 KTDB OD 추정 역시 반복적인 갱신과정을 통해 이루어지며, 반복갱신식은 식 (44)와 같이 정의됨

$$\hat{T}_{v,n+1}^{ij} = \hat{T}_{v,n}^{ij} \cdot \left(1 - \lambda \cdot \frac{\partial Z}{\partial \hat{T}_{v,n}^{ij}} \right) \quad (44)$$

- TCS OD 추정의 경우와 마찬가지로 Gradient를 사용하는 반복갱신 기법에서 최적 λ 값은 $\partial Z / \partial \lambda = 0$ 의 조건을 통해 찾을 수 있음

- 따라서, 최적 λ 값을 찾기위한 식은 식 (45)와 같음

$$\lambda^* = \frac{\sum_{a \in A} \left\{ (\hat{x}_a - \bar{\Phi}_a \cdot \bar{x}_a) \cdot \left(\sum_{ij \in II_v} \hat{T}_v^{ij} \cdot \frac{\partial Z}{\partial T_v^{ij}} \cdot R_a^{ij} \right) \right\}}{\sum_{a \in A} \left(\sum_{ij \in II_v} \hat{T}_v^{ij} \cdot \frac{\partial Z}{\partial T_v^{ij}} \cdot R_a^{ij} \right)^2} \quad (45)$$

4) OD 추정모형의 하위문제

- <그림 2- 46>에서 제시한 바와 같이 OD 추정문제의 하위 문제는 통행배정문제로 구성됨
- 통행배정 문제의 역할은 상위문제에서 추정된 OD 교통량의 정확성을 현장 자료와 비교해 평가하는데 필요한 추정 자료를 만드는 것임
- 예를 들어 본 연구의 경우 통행배정 문제를 통해 TCS OD의 추정교통량과 링크 관측교통량의 추정 값을 계산하게 됨
- 전통적인 OD 추정 문제에서는 이 역할을 이용자 평형 통행배정 모형이 담당하였음
- 그러나 이용자 통행배정 문제를 OD 추정에서 사용할 경우 불필요한 추정오차 요인이 발생하게 됨
- 통행배정을 통해 얻은 링크교통량은 추정된 OD의 정확도를 평가하는데 사용되는데, OD 교통량이 링크 교통량으로 변환되는 과정에서 사용되는 경로선택 문제에서 이용자평형 (User Equilibrium)가정이 사용되기 때문임
- 이 경우 현실의 운전자들이 이용자 평형가정에 따른 경로선택을 할수 없거나, 하지 않는다면 OD 교통량 자체는 정확히 추정되었다고 링크교통량은 관측교통량과 큰 차이를 보일 수 있음
- 이용자 평형이 달성되기 위해서는 잘 알려진바와 같이 1) 이용자들이 교통망의 통행시간에 대하여 완전한 정보를 갖고 있어야하고 (Perfect information), 2) 통행시간 및 비용만을 고려하는 합리적인 경로선택만을 하여야하며 (Rational traveler), 3) 모두 동질적인 운전자들만이 존재한다(Homogeneous traveler)는 세 가지 가정이 만족되어야 함
- 그러나 이러한 이상적인 상황은 현실에서는 거의 만족될 수 없음
- 따라서 OD 추정문제에서 UE 가정에 의한 편기 발생 가능성을 최소화하는 바람직한 방법은 현실의 운전자들에 의한 경로선택 결과를 사용하는 것임

- 이러한 이유 때문에 Kim and Jayakrishnan (2010)은 통행배정 모형을 사용하지 않는 OD 추정 모형을 제시한 바 있음
- 이 연구에서는 차량의 궤적자료가 존재한다는 가정 하에 표본 차량들의 동적 경로 자료를 이용하여 Traffic assignment map을 구축하고 이를 동적 OD 교통량으로 변환하는데 사용하였음
- 본 연구에서도 이와 동일한 방법을 사용하였으며, 기종점 교통량을 링크교통량으로 변환하는 역할은 R_a^{ij} 가 수행하도록 하였음
- 본 연구에서 링크 교통량과 추정대상 기종점쌍 그룹 v 의 기종점 교통량 간에는 식 (46)와 같은 관계가 성립함

$$\hat{x}_a = \hat{x}_{c,a} + \hat{x}_{v,a} = \hat{x}_a \cdot \theta_{a,c} + \sum_{ij \in I_v} \hat{T}_v^{ij} \cdot R_a^{ij} \quad (46)$$

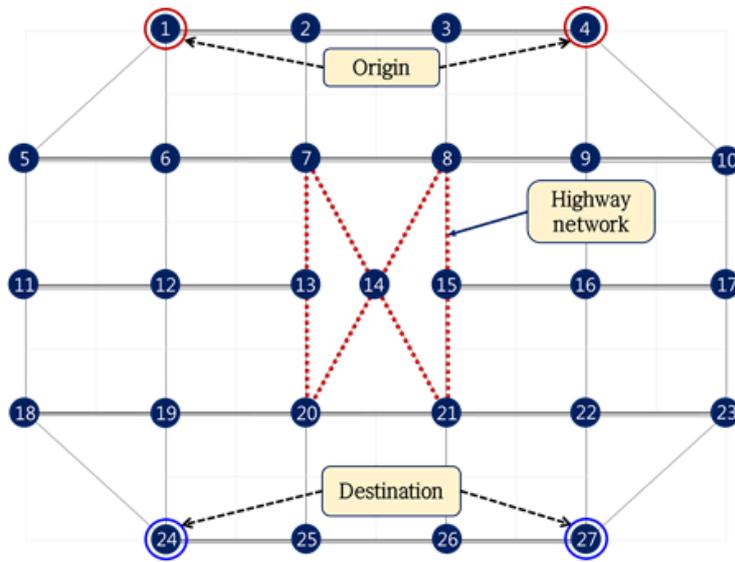
- $\theta_{a,c}$ 는 링크 a의 교통량 중 추정 제외 기종점 쌍에 의한 링크 교통량의 비율을 의미함
- 만약 식 (46)를 단순하게 정리하면 식 (47)이 얻어짐

$$\hat{x}_a = \frac{1}{(1 - \theta_{a,c})} \cdot \sum_{ij \in I_v} \hat{T}_v^{ij} \cdot R_a^{ij} \quad (47)$$

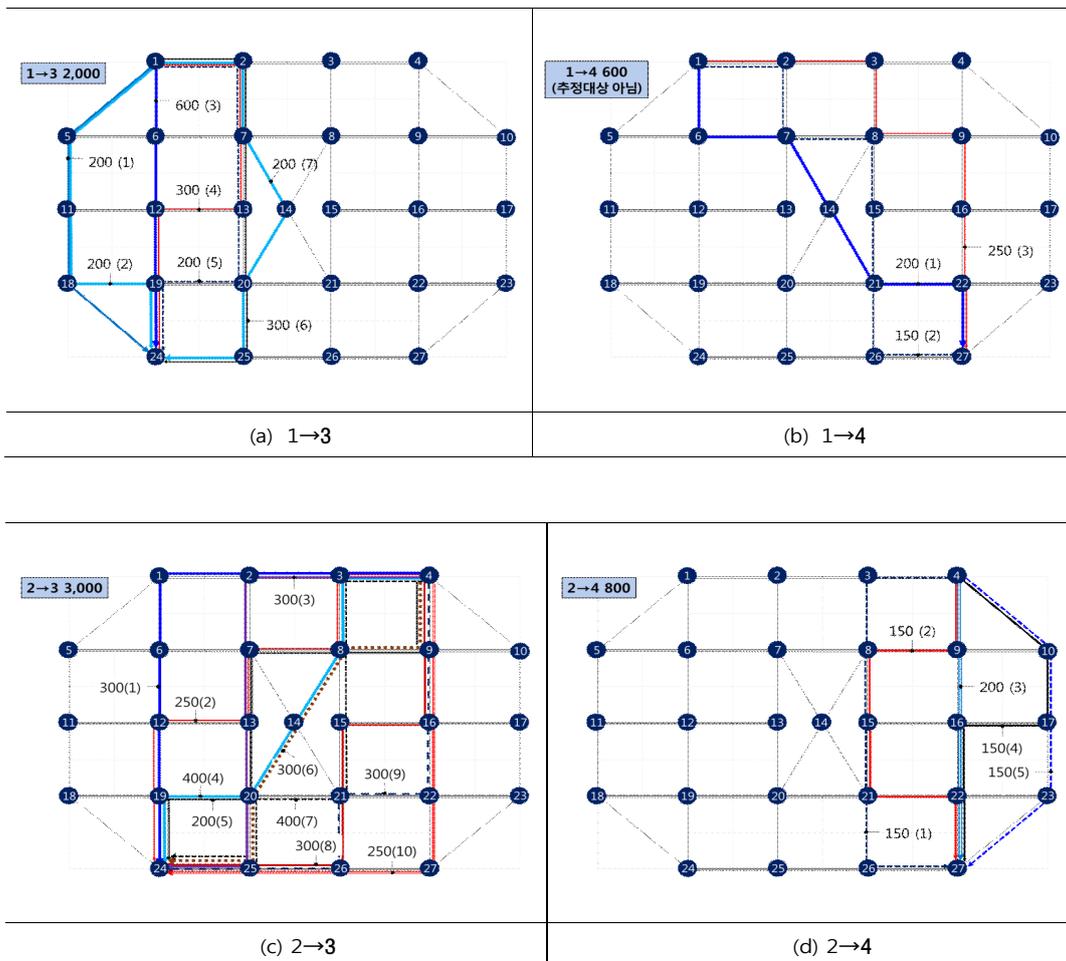
다. 예제 교통망을 통한 OD 추정모형 성능 분석

1) 예제 교통망

- 개발된 모형의 성능 실험을 위해 <그림 2- 47>와 같은 예제교통망을 이용한 실험을 시행하였음
- 예제교통망은 $G(27, 68)$ 이며, 존의 개수는 4개로 가정하였음
- 이중 존 1과 2의 경우 통행이 발생하는 존이며, 존 3과 4는 통행이 도착하는 존임
- 교통망은 내부에 고속도로 교통망을 포함하고 있으며, 그림에는 붉은 점선으로 표시하였는데, 고속도로의 유출입 지점은 노드 (7), (8), (13), (15), (20), (21)으로 설정하였음
- 예제 교통망의 경우 4개의 기종점쌍이 존재하여, 기종점 쌍과 기종점 통행량은 1→3 : 2,000, 1→4 : 600, 2→3 : 3,000, 2→4 : 800으로 가정하였으며, 이중 1→3과 2→3은 추정대상 기종점 쌍 이고, 1→4 및 2→4는 추정제외 기종점 쌍 임



<그림 2- 47> 예제교통망



<그림 2- 48> 기종점 별 경로와 경로교통량

- 각 OD 쌍들에 대하여 경로와 경로교통량은 <그림 2- 48>과 같이 설정됨
- 기종점 쌍 1→3은 7개, 1→4는 3개, 2→3은 10개, 2→4는 5개의 경로를 갖고 있음
- 모형의 실험에서는 링크 관측교통량은 오차가 없는 것으로 가정하였으며, 링크 관측교통량은 경로 교통량을 집계하여 계산하였음
- 고속도로 TCS OD 표 역시 경로 교통량의 집계를 이용하여 계산하였으며, R_a^{ij} 와 H_{rs}^{ij} 역시 가정된 경로교통량을 통해 계산하여 사용하였으며 오차는 포함되지 않은 것으로 가정하였음

2) 입력자료 오차에 의한 OD 추정 정확도 변화

- 모형의 성능 실험을 위해서는 입력 자료로 이용되는 참조 OD (Reference OD)가 OD 추정 정확도에 미치는 영향을 살펴보았음
- 여기서 참조 OD란 추정 시 사용가능한 추정 대상 OD표의 가장 최신 버전으로 이해하면 됨
- 예를 들어 KTDB OD 표를 추정한다고 하면 가장 최근에 만들어진 KTDB OD 표가 참조 OD로 사용될 수 있음
- 실험에서 TCS OD와 카 네비게이션 표본 OD의 오차는 0(%), 10(%), 20(%)의 경우를 각각 가정하였으며, 참조 OD의 경우 10 (%)에서 50 (%)까지 오차수준을 10 (%)씩 증가시켜 가며 분석하였으며, 실험 결과는 <표 2- 27>에 정리하였음

<표 2- 27> 참조 OD 오차 증가에 따른 OD 교통량 추정 정확성 변화

| Input Data Error | | | Estimation Error (EE, %) | | | Average Error | | | Range (maxEE-minEE) | | |
|------------------|--------|---------|--------------------------|-------|-------|---------------|-------|-------|---------------------|-------|-------|
| Refer OD | TCS OD | Navl OD | OD | TCS | LINK | OD | TCS | LINK | OD | TCS | LINK |
| 10% | 0% | 0% | 0.047 | 0.026 | 0.042 | 0.363 | 0.205 | 0.295 | 1.313 | 0.790 | 1.062 |
| 20% | 0% | 0% | 0.031 | 0.000 | 0.025 | | | | | | |
| 30% | 0% | 0% | 0.016 | 0.000 | 0.013 | | | | | | |
| 40% | 0% | 0% | 0.391 | 0.211 | 0.318 | | | | | | |
| 50% | 0% | 0% | 1.328 | 0.790 | 1.075 | | | | | | |
| 10% | 10% | 10% | 0.656 | 0.790 | 0.900 | 1.066 | 0.895 | 1.079 | 1.813 | 0.974 | 1.230 |
| 20% | 10% | 10% | 0.672 | 0.711 | 0.851 | | | | | | |
| 30% | 10% | 10% | 2.469 | 1.605 | 1.997 | | | | | | |
| 40% | 10% | 10% | 0.656 | 0.737 | 0.880 | | | | | | |
| 50% | 10% | 10% | 0.875 | 0.632 | 0.766 | | | | | | |
| 10% | 20% | 20% | 1.703 | 1.474 | 1.871 | 2.056 | 1.679 | 2.095 | 2.484 | 1.079 | 1.409 |
| 20% | 20% | 20% | 1.406 | 1.447 | 1.748 | | | | | | |
| 30% | 20% | 20% | 1.641 | 1.474 | 1.855 | | | | | | |
| 40% | 20% | 20% | 1.641 | 1.474 | 1.845 | | | | | | |
| 50% | 20% | 20% | 3.891 | 2.526 | 3.157 | | | | | | |

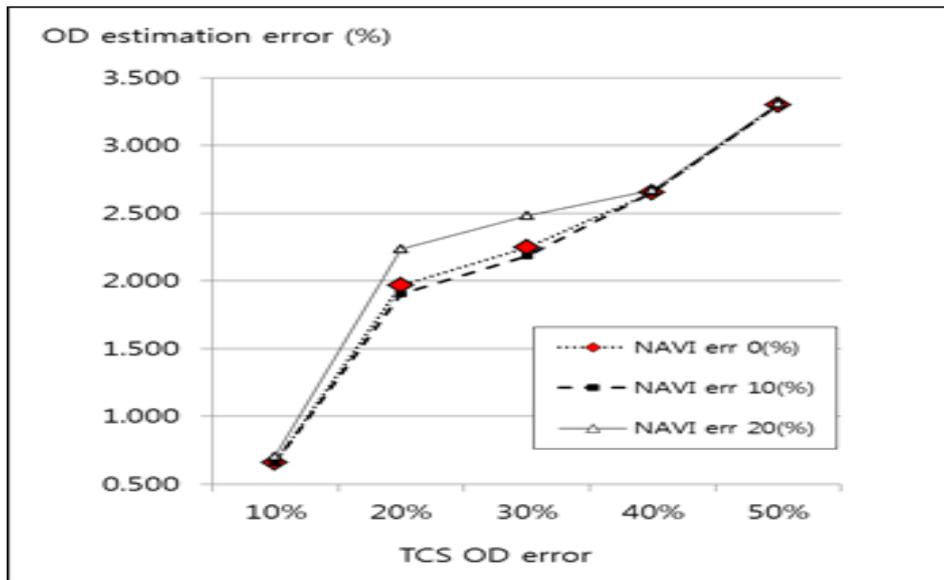
- 실험의 결과에 따르면 참조 OD의 오차는 OD 추정 정확도에 큰 영향을 주지는 못하는 것으로 나타남
- 참조 OD의 오차가 10 (%)에서 50 (%)로 증가하는 동안 추정 OD 교통량의 오차는 1.313 (%)에서 2.484 (%)로만 소폭 증가하였음
- <표 2- 27>에서 분석한바와 같이 모든 경우에서 전체 교통망 OD의 오차는 매우 작아서 분석 Case중 오차가 가장 컸던 경우가 3.891 (%)였음
- 전체 교통망 OD 추정에 비하여 TCS OD의 추정 정확도는 상대적으로 높았는데, 입력 자료 오차의 증가에 따른 TCS OD 추정 오차의 증가는 0.026 (%)에서 2.526 (%)였음
- 이 결과를 볼 때 TCS OD의 추정 오차 증가는 입력자료 오차 증가에 크게 민감하지 않았음
- 추정 오차 결과를 분석해보면 전반적으로 전체교통망 OD 추정 오차가 TCS 오차나 링크 관측교통량 추정 오차에 비해서는 조금 더 입력자료의 오차에 민감한 것으로 나타남
- 그리고 전체 교통망의 오차는 참조 OD의 오차 보다는 TCS OD나 카 내비게이션 OD의 오차에 더 민감하게 반응하는 것으로 나타남
- TCS OD와 카 내비게이션 표본 OD의 오차가 0 (%) 였을때는 OD 추정 오차가 0.363 (%) 였으나, 이 입력 자료들의 오차가 20(%)로 증가했을 때는 OD의 추정오차는 2.056 (%)로 증가하였음
- 반면, TCS OD와 카 내비게이션 표본 OD의 오차를 고정시키고 참조 OD의 오차만을 10 (%)에서 50 (%)로 증가시켰을 때 전체 OD의 추정 오차는 각각 0.042 (%)에서 1.075 (%), 0.900(%)에서 0.766 (%), 1.871 (%)에서 3.157 (%)로 증가하거나 감소하였음
- 따라서 50 (%)라는 입력자료 증가폭을 고려했을 때는 참조 OD에 비해서는 TCS OD나 카 내비게이션 OD의 오차가 상대적으로 큰 영향을 준다고 볼 수 있음
- 그러나 전반적인 오차 수준을 보았을 때 개발된 모형은 입력 자료의 오차에는 매우 영향을 덜 받는 (Robust) 성질을 갖고 있다고 판단됨
- 다음 실험에서는 TCS OD와 카 내비게이션 표본 OD의 오차중 어느 입력 자료가 더 최종 OD 추정 정확도에 영향을 주는지를 분석하기 위한 실험을 실시하였음
- 이 실험에서는 참조 OD의 오차를 30 (%)로 설정하고 카 내비게이션 자료의 오차 수준은 0 (%), 10 (%), 20 (%)로 가정한 뒤 TCS OD 오차를 10 (%) ~ 50 (%)로 증가시켰음
- TCS 오차 증가의 영향을 보면 내비게이션 OD 오차가 0(%)인 경우 추정오차는 0.656 (%)에서 3.297 (%)로 증가하였고, 10 (%)인 경우 0.656 (%)에서 3.297 (%), 20 (%)인 경우 0.703 (%)에서 3.313 (%)로 증가하였음

- 따라서 분석 결과를 보면 카 내비게이션 OD의 오차 크기에 큰 차이 없이 OD 추정 오차의 범위는 큰 차이가 없었음
- 반면 TCS OD 오차 10 (%)~50(%)에 대하여 카 내비게이션 오차 0 (%), 10 (%), 20 (%)인 경우를 보면 OD 추정 오차의 증가율은 2.166 (%), 2.141(%), 2.280 (%)로서 큰 차이가 없어 카 내비게이션 표본 OD의 오차는 OD 추정에는 크게 영향을 주지 못한 것으로 나타남

<표 2- 28> TCS OD 오차에 증가에 따른 OD 교통량 추정 오차

| Input Data Error | | | Estimation Error (EE, %) | | | Average Error | | | Range (maxEE-minEE) | | |
|------------------|--------|---------|--------------------------|-------|-------|---------------|-------|-------|---------------------|-------|-------|
| Refer OD | TCS OD | Navi OD | OD | TCS | LINK | OD | TCS | LINK | OD | TCS | LINK |
| 30% | 10% | 0% | 0.656 | 0.737 | 0.881 | 2.166 | 2.053 | 2.553 | 2.641 | 2.526 | 3.136 |
| 30% | 20% | 0% | 1.969 | 1.500 | 2.012 | | | | | | |
| 30% | 30% | 0% | 2.250 | 2.211 | 2.711 | | | | | | |
| 30% | 40% | 0% | 2.656 | 2.553 | 3.147 | | | | | | |
| 30% | 50% | 0% | 3.297 | 3.263 | 4.017 | | | | | | |
| 30% | 10% | 10% | 0.656 | 0.711 | 0.869 | 2.141 | 2.047 | 2.534 | 2.641 | 2.579 | 3.139 |
| 30% | 20% | 10% | 1.906 | 1.500 | 1.976 | | | | | | |
| 30% | 30% | 10% | 2.188 | 2.184 | 2.680 | | | | | | |
| 30% | 40% | 10% | 2.656 | 2.553 | 3.137 | | | | | | |
| 30% | 50% | 10% | 3.297 | 3.290 | 4.008 | | | | | | |
| 30% | 10% | 20% | 0.703 | 0.790 | 0.939 | 2.280 | 2.089 | 2.635 | 2.609 | 2.553 | 3.142 |
| 30% | 20% | 20% | 2.234 | 1.526 | 2.140 | | | | | | |
| 30% | 30% | 20% | 2.480 | 2.211 | 2.806 | | | | | | |
| 30% | 40% | 20% | 2.672 | 2.579 | 3.211 | | | | | | |
| 30% | 50% | 20% | 3.313 | 3.342 | 4.080 | | | | | | |

- 추정 오차의 크기를 비교하면 전반적으로 TCS OD의 추정오차는 OD 추정오차보다는 조금 작았고, 링크 관측교통량의 추정 오차는 OD 추정오차나 TCS OD 추정오차보다는 조금 더 큰 것으로 나타났음
- <그림 2- 49>역시 TCS OD 오차와 내비게이션 오차의 OD추정 오차 영향을 도식화 한 것인데, 이 그림에서도 TCS OD 오차 증가에 대해서 OD 추정 오차가 선형적인 증가를 보이는 반면, 내비게이션 표본 OD의 오차는 약간의 영향은 있으나 그 크기는 크지 않은 것으로 확인 됨
- 내비게이션 표본 OD의 오차 증가도 TCS OD 오차 증가와 같이 명확한 선형성을 나타내는 지를 확인하기 위해 앞선 실험과는 반대로 TCS OD 오차는 0 (%), 10 (%), 20 (%)로 가정하고, 카 내비게이션 표본 OD 오차를 10 (%)에서 50 (%)로 증가시켰음



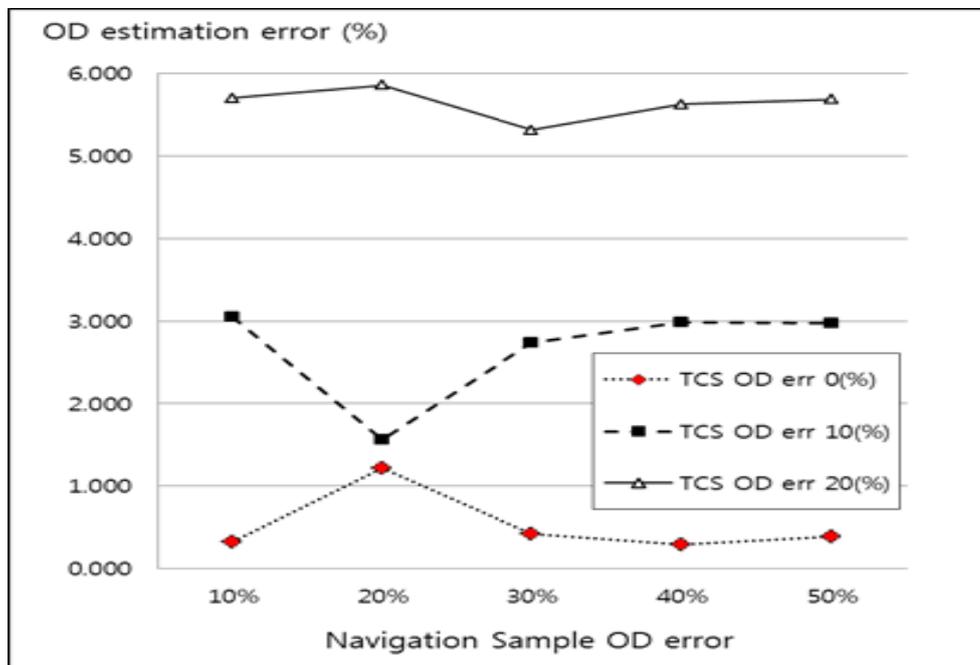
<그림 2- 49> TCS 및 내비게이션 표본 오차와 OD 추정오차 관계 (1)

○ 분석 결과는 <표 2- 29>에 제시하였음

<표 2- 29> 카 내비게이션 표본 OD 오차에 증가에 따른 OD 교통량 추정 오차

| Input Data Error | | | Estimation Error (EE, %) | | | Average Error | | | Range (maxEE-minEE) | | |
|------------------|--------|---------|--------------------------|-------|-------|---------------|-------|-------|---------------------|-------|-------|
| Refer OD | TCS OD | Navi OD | OD | TCS | LINK | OD | TCS | LINK | OD | TCS | LINK |
| 30% | 0% | 10% | 0.328 | 0.184 | 0.270 | 0.531 | 0.316 | 0.446 | 0.992 | 0.474 | 0.791 |
| 30% | 0% | 20% | 1.219 | 0.658 | 1.031 | | | | | | |
| 30% | 0% | 30% | 0.422 | 0.316 | 0.373 | | | | | | |
| 30% | 0% | 40% | 0.297 | 0.184 | 0.240 | | | | | | |
| 30% | 0% | 50% | 0.391 | 0.237 | 0.316 | | | | | | |
| 30% | 10% | 10% | 3.047 | 1.790 | 2.486 | 2.659 | 1.537 | 2.198 | 1.487 | 0.895 | 1.088 |
| 30% | 10% | 20% | 1.560 | 0.895 | 1.398 | | | | | | |
| 30% | 10% | 30% | 2.734 | 1.579 | 2.243 | | | | | | |
| 30% | 10% | 40% | 2.984 | 1.737 | 2.440 | | | | | | |
| 30% | 10% | 50% | 2.969 | 1.684 | 2.425 | | | | | | |
| 30% | 20% | 10% | 5.703 | 3.280 | 4.649 | 5.638 | 3.256 | 4.599 | 0.547 | 0.369 | 0.443 |
| 30% | 20% | 20% | 5.859 | 3.421 | 4.778 | | | | | | |
| 30% | 20% | 30% | 5.313 | 3.053 | 4.334 | | | | | | |
| 30% | 20% | 40% | 5.625 | 3.237 | 4.589 | | | | | | |
| 30% | 20% | 50% | 5.688 | 3.290 | 4.644 | | | | | | |

- 분석결과에 따르면 TCS OD 오차를 0 (%), 10 (%), 20 (%)로 고정시키고 카 내비게이션 표본 OD 오차를 10 (%)에서 50 (%)로 증가시킨 결과 각각의 동일한 TCS OD 오차 수준에서는 OD 추정오차는 카 내비게이션 표본 OD의 오차 수준에는 큰 영향을 받지 않았으며, 오차 증가에 대한 일관성 있는 경향도 확인되지 않았음
- 그러나 앞의 실험과 마찬가지로 TCS OD의 오차 증가는 명확하게 OD 추정오차를 증가시키는 것으로 나타남
- 이러한 현상은 <그림 2- 50>에서도 확인되는데 TCS OD 오차수준이 다른 경우에는 각각 명확히 다른 오차수준이 나타나 선끼리 중복이나 교차가 되는 경우는 나타나지 않았음
- 반면 이전의 TCS OD 오차 증가 그림과는 달리 <그림 2- 50>에서는 x축의 카 내비게이션 표본 OD 오차 증가에 대해서 OD 추정오차는 증가나 감소의 명확한 경향성이 나타나지 않음
- 이상의 결과를 정리하면 TCS OD 오차가 본 연구에서 개발된 OD 추정 모형의 추정력에 가장 큰 영향을 주는 것으로 나타남
- 그러나 전반적으로는 입력자료의 오차에 대해 본 연구에서 개발된 모형은 큰 영향을 받지 않았음



<그림 2- 50> TCS 및 내비게이션 표본 오차와 OD 추정오차 관계 (2)

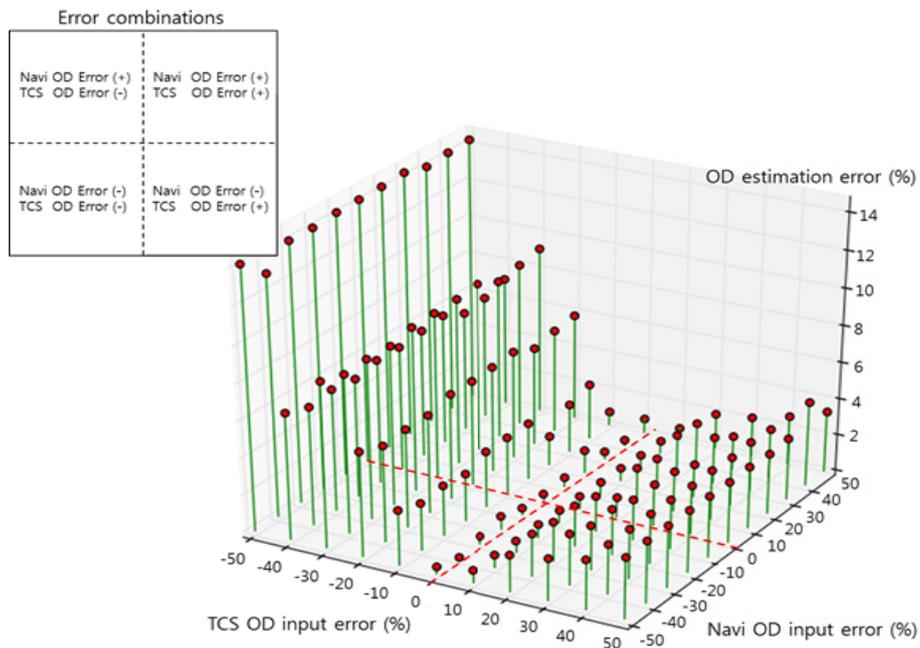
라. 입력자료 간 오차 상관성과 OD 추정 정확도의 관계

- 이전 분석에서는 세 가지의 입력 자료들이 OD 추정모형의 추정 결과에 어떠한 영향을 미치는지를 분석하였음
- 분석 결과에 따르면 개발된 모형은 입력 자료의 오차에 상대적으로 영향을 크게 받지 않는 것으로 나타났는데, 그 이유는 세 가지의 입력 자료를 동시에 이용하는 모형의 특성상 자료 간의 trade-off 효과가 발생하는 것으로 추측됨
- 즉, 하나의 자료가 오차를 포함하고 있다고 해도 두 가지의 다른 자료들 역시 이용가능하기 때문에 이를 통해 정확한 OD 추정이 가능할 수 있음

<표 2- 30> 입력자료 오차간의 상관관계 분석을 위한 실험 시나리오

| div. | TCS OD | Navigation Sample OD |
|--------|-----------------|----------------------|
| Case 1 | Over-collected | Over-collected |
| Case 2 | Over-collected | Under-collected |
| Case 3 | Under-collected | Under-collected |
| Case 4 | Under-collected | Over-collected |

- 본 연구에서는 여기서 한 걸음 더 나아가 입력 자료의 오차가 상관성을 갖고 있을 때, 이러한 상관성이 모형의 추정력에 어떤 영향을 주는지를 확인함
- 앞선 분석에서는 각 입력자료 오차들을 임의의 오차로 가정하였기 때문에 자료간 Trade-off 효과에 의해 입력 자료의 오차가 OD 추정 정확도에 상대적으로 큰 영향을 주지 못했음
- 그러나 만약 모든 자료들이 실제보다 큰 값을 갖고 있거나 실제보다 낮은 값을 갖고 있다면 자료 오차간의 Trade-off 효과는 크게 나타나지 않을 수 있음
- 이러한 경우를 가정하기 위하여 <표 2- 30>과 같이 실험 시나리오를 설정하였음
- 이러한 실험 시나리오에 따라 테스트를 실시하여 분석 결과는 <그림 2- 51>로 정리하였음
- 이 그림을 보면 두 가지 특징적인 사실을 확인할 수 있음
- 첫 번째는 앞의 실험결과와 마찬가지로 모든 경우를 고려하더라도 TCS OD의 오차가 카 내 비게이션 표본 OD의 오차보다 추정 정확도에 훨씬 큰 영향을 주었음
- 두 번째 특징은 TCS OD가 실제값보다 과소 집계된 경우 추정 OD의 정확도는 크게 훼손되었음
- 이러한 경향은 <그림 2- 51>에서 확인할 수 있는데, TCS OD 오차 (%) 축에서 0값을 기준으로 왼쪽의 오차 크기 높이가 오른쪽의 오차 크기 높이 보다 매우 높게 형성되어 있음



<그림 2- 51> 입력자료 오차 시나리오에 따른 OD 추정오차 패턴

- 이는 즉 TCS 자료에서 일부 차량 차료가 누락되어 TCS OD 가 만들어지는 경우 OD 추정 모형의 정확도에 훼손이 발생할 수 있음을 시사 하는 것임
- 반대로 TCS OD가 참값에 비하여 더 많은 차량이 통행하는 것으로 기록되어 있다면, OD 추정모형의 정확도에는 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타남
- 따라서 TCS OD가 정확하게 수집된다 하더라도 내비게이션 자료의 평균적인 표본율이나 링크 관측 교통량의 평균값에 비하여 통행이 과소하게 발생된 날의 TCS OD를 사용하는 경우 추정 OD가 상당한 오차를 포함할 수 있음
- 이를 고려하면 여러 관측일의 TCS OD가 사용 가능한 경우 평균적인 OD량을 보이는 날의 데이터를 선택하거나, 평균보다 차량 통행이 많은 날의 TCS OD를 입력자료로 사용하는 것이 바람직함
- 전반적으로 모든 입력자료 OD 오차 범위에 대하여 OD추정의 최대 오차는 15 (%)를 넘지 않았음
- 즉, 입력자료 오차가 어떠한 형태로 발생하더라도 현재 교통망에서는 OD추정 오차의 크기가 최대 15 (%)를 넘지 않아 상당히 안정적인 OD 추정이 가능한 모형이 개발된 것으로 판단됨

- <그림 2- 51>에서 나타난 모든 추정 결과를 <표 2- 31>에 다시 정리하였음
- 추정 결과를 상세히 살펴보면 TCS OD 추정과 관련해 한가지 특징을 확인할 수 있음
- 즉, Case 1과 Case 2와 같이 TCS OD 입력오차가 (+)인 경우 OD 추정 오차나 TCS OD 추정오차 및 링크 관측교통량 재현 오차의 크기가 모두 작았으나, Case 3과 Case 4와 같이 OD 추정 오차의 크기가 커질수록 OD 추정 오차와 링크 관측교통량 재현오차에 비하여 TCS OD 추정오차가 상당히 낮은 수준의 오차크기를 유지함을 확인할 수 있음
- 이는 개발된 모형에서 TCS OD가 전체 OD 추정 정확도에 큰 영향을 미치며, 입력 자료의 오차가 상당하더라도 고속도로 영업소간의 교통량 추정은 상대적으로 정확한 결과를 유지할 수 있음을 의미함
- 하지만 반대로 TCS OD가 오차가 크지 않더라도 실제 OD 추정 오차는 그 보다 더 클 수 있음을 의미함
- 현실의 OD 추정 문제에서는 TCS OD나 링크 관측교통량은 참값이나 참값에 가까운 값을 얻을 수 있으나 추정 OD의 참값을 확인할 수 없음

<표 2- 31> 시나리오별 OD 추정 오차 결과

| Scenario | 입력오차 | | 평균 추정 오차 (%) | | |
|----------|--------|---------|--------------|---------|----------|
| | TCS OD | Navi OD | OD_err | TCS_err | LINK_err |
| Case 1 | 0% | 0%~50% | 0.578 | 0.364 | 0.522 |
| | 10% | 0%~50% | 0.659 | 0.719 | 0.874 |
| | 20% | 0%~50% | 1.951 | 1.504 | 1.999 |
| | 30% | 0%~50% | 2.104 | 2.167 | 2.642 |
| | 40% | 0%~50% | 2.654 | 2.561 | 3.147 |
| | 50% | 0%~50% | 3.503 | 3.285 | 4.021 |
| Case 2 | 0% | 0%~50% | 0.367 | 0.246 | 0.320 |
| | 10% | 0%~50% | 0.669 | 0.750 | 0.904 |
| | 20% | 0%~50% | 1.953 | 1.513 | 2.077 |
| | 30% | 0%~50% | 2.396 | 2.219 | 2.772 |
| | 40% | 0%~50% | 2.664 | 2.575 | 3.181 |
| | 50% | 0%~50% | 3.302 | 3.316 | 4.049 |
| Case 3 | 0% | 0%~50% | 0.367 | 0.206 | 0.320 |
| | -10% | 0%~50% | 2.820 | 1.618 | 2.305 |
| | -20% | 0%~50% | 5.495 | 3.158 | 4.484 |
| | -30% | 0%~50% | 8.773 | 5.048 | 7.160 |
| | -40% | 0%~50% | 6.641 | 3.570 | 5.633 |
| | -50% | 0%~50% | 13.922 | 7.873 | 11.378 |
| Case 4 | 0% | 0%~50% | 0.578 | 0.377 | 0.522 |
| | -10% | 0%~50% | 2.326 | 1.412 | 1.984 |
| | -20% | 0%~50% | 5.672 | 3.276 | 4.627 |
| | -30% | 0%~50% | 8.948 | 5.149 | 7.302 |
| | -40% | 0%~50% | 6.810 | 3.667 | 5.743 |
| | -50% | 0%~50% | 14.206 | 8.053 | 11.605 |

- 따라서, 링크 관측교통량이나 다른 현장자료의 재현율을 통해 OD 추정 결과의 정확도를 평가할 수밖에 없음
- 이 중 링크 관측교통량의 경우 정확히 재현되더라도 수학적 문제 (Underdetermined problem) 때문에 OD가 정확히 재현되었다고 보장하기는 어렵고, 따라서 TCS OD의 정확한 재현이 추정 OD가 실제 OD와 가깝다는 것을 보장할 수 있는 중요한 지표가 될 수 있음
- 그러나 본 연구는 개발된 모형의 성능 분석에서는 전체 교통망의 추정 OD의 정확도는 TCS OD의 추정 정확도에 비해 어느정도 더 낮을 것으로 추정할 수 있는 결과를 제시하고 있음

제4절 KTDB 기종점 교통량 신뢰수준 분석

1. 내비게이션 자료 기초특성 분석

가. 내비게이션 표본 자료 기초특성 분석 배경

- 본 연구에서 KTDB OD 교통량을 검증하는 체계는 크게 두 가지 과정으로 이루어져 있음
- 그 중 첫 번째 과정은 승용차 내비게이션 자료를 통해 KTDB OD 교통량을 검증하는 것이며, 두 번째 과정은 수시·상시 교통량과 TCS 자료 및 추정 링크 교통량 등을 이용해 KTDB OD 교통량을 검증하는 것임
- 이때 연구 목적에 적합한 자료의 활용을 고려한다면 OD 교통량을 직접 비교할 수 있는 내비게이션 자료를 주 검증 대상 자료로 이용하는 것이 바람직하나, 내비게이션 자료의 경우 표본자료이므로 총량 검증을 수행하기 위해서는 내비게이션 자료의 표본율을 계산해야 함
- 내비게이션 자료는 전체 통행 중 일부의 통행만 표본으로 추출되는 것이므로 이 자료를 이용하여 KTDB OD를 검증하기 위해서는 전수화가 필요함
- 그런데 내비게이션 표본 자료가 전체 KTDB OD 통행량에 대해 편기 없이 동일한 표본율로 추출되는 경우 하나의 표본율을 모든 표본 기종점 통행량에 적용해 전수화가 가능하지만, 현재 내비게이션 자료의 경우 자료수집 과정에서 상당한 공간적 편기가 발생하는 것으로 분석됨
- 표본율의 편기 요인은 여러 가지 원인으로부터 나타날 수 있음
- 먼저 내비게이션 자료에서 만들어진 전수화 OD가 현재로서 실제 통행으로부터 얻어진 가장 신뢰성 있는 자료라고 하나 앞서 밝힌바와 같이 내비게이션을 통해 경로를 검색한 통행만이 기록되기 때문에 일상적인 통행의 경우 표본율이 상당히 낮을 수 있는 가능성이 존재함
- 또 경로 자료의 오류나 통행 중 내비게이션 경로탐색을 중지하는 경우, 고속도로상의 휴게소나 터널에서 경로 자료가 분절되는 경우 등 다양한 가능성에 의해 장거리 통행기록에 오류가 생겨 내비게이션 통행자료가 실제에 비하여 장거리 통행의 비율이 낮을 가능성도 존재함
- 내비게이션 자료는 이용자들의 사회경제적인 특성과 이용 특성들이 전체 승용차 운전자들에 대하여 동일하다고 보기 어렵기 때문에 근본적으로 단순한 전수화 과정을 통해서 KTDB 승용차 OD와 동일한 속성을 갖는 OD로 변환하기 어려움

- 따라서 본 연구에서는 현재 내비게이션 자료가 갖는 편기성을 분석하고 이를 반영해 현재의 내비게이션 표본 OD를 KTDB OD 검증이 가능한 우리나라 지역 간 승용차 통행수요의 대표성을 갖는 OD로 변환하기 위한 분석을 시행하고 이를 가능케 할 표본율 적용 방안을 제시할 것임
- 이를 위해 존의 사회경제적인 특성 자료와 내비게이션 자료 표본량 간 관계를 분석하고 통행거리나 발생도착 존의 도시부/지방부 위치 여부 등의 자료들을 이용하여 표본율을 세분화해 적용할 수 있는 근거 등이 필요함

나. 내비게이션 표본 OD 전수화 방안

- 앞서 설명한 바와 같이 승용차 내비게이션 자료의 성공적인 전수화를 위한 최대의 과제는 정확한 표본율을 계산하는 것임
- 표본율의 계산을 위해서는 모집단의 총량을 포착할 수 있는 자료와 내비게이션 자료를 동일한 기준에서 비교해야 하는데 현재 사용 가능한 자료를 보면, 1) KTDB OD 교통량, 2) TCS 자료, 3) 수시·상시 교통량 등이 있음
- 이중 KTDB OD의 경우 검증대상이므로 내비게이션 OD 전수화에 KTDB OD를 사용할 수는 없으며, TCS 자료의 경우 고속도로 이용 통행에 대한 전수화만이 가능하다는 한계가 있음
- 따라서 현재 KTDB 전체 기종점 통행량에 대한 전수화에 이용 가능한 자료는 건설기술연구원이 조사하는 수시·상시 교통량임
- 즉, 6,000여개 수시상시 교통량 조사 지점 전체에 대하여 관측교통량과 내비게이션 교통량간의 비율을 계산하여 이를 내비게이션 자료의 표본율로 계산할 수 있음
- 그러나 내비게이션 자료의 링크 관측지점별 표본율을 보면 지역별, 도로 등급별로 상당한 차이를 보임
- 따라서 전체 6,000여개 지점에 대한 단순 평균 표본율을 계산하여 내비게이션 표본율 전수화에 사용할 경우 매우 큰 오차가 발생할 수 있음
- 또 내비게이션 자료의 TLFD 분석결과 단거리 통행량이 표본율이 상당히 낮은 것으로 나타나는데, 이는 현재의 내비게이션 자료가 운전자가 직접 경로탐색을 한 통행에 대해서만 자료가 수집되기 때문임

- 따라서 통행 거리별로 표본율에 상당한 차이가 있을 것으로 판단됨
- 이러한 내비게이션 자료의 통행 거리 특성을 반영하기 위해 기종점 쌍을 통행 거리별로 구분한 뒤, 통행거리 유형별로 다른 표본율을 적용하는 방안을 개발할 수 있음
- 그밖에 통행거리 외에 표본율에 영향을 줄 수 있는 요소는 존별 특성자료임
- 예를 들어 존의 인구나 차량 등록 대수, 존이 위치한 지역의 특성 등은 차량 운행 빈도에 영향을 줄 수 있으므로, 이를 반영하여 존을 발생과 도착에 대하여 분리하여 표본율을 계산할 수 있음
- 이를 위해 본 연구에서는 존의 사회경제적인 자료 중 차량 운행에 직접적인 영향을 주는 자료들을 이용하여 표본율 분석을 시행함

다. KTDB OD 구조 검증 및 Zero cell 문제

- 내비게이션 표본 OD를 이용한 KTDB OD 분석에서 고려해야 할 또 다른 문제는 검증 대상 기종점 쌍이 일치하지 않는 점임
- 내비게이션 표본 OD의 경우 현재 사용되고 있는 OD표에는 1대 이상의 통행량이 포함된 기종점 쌍이 41,567 개인 반면, KTDB OD의 경우 1대 이상의 통행이 포함되어 있는 기종점 쌍이 총 49,695 개 임
- OD 구축에 사용되는 자료에 차이가 있어 두 기종점표의 구조에 차이가 발생하는 것은 당연하지만, KTDB OD에는 값이 없으나 내비게이션 OD에는 값이 있는 OD쌍의 경우 실제 통행이 이루어지고 있으나 KTDB OD에서는 반영되지 않고 있는 것이므로 문제라고 판단할 수 있음
- 따라서 KTDB의 Zero cell들과 내비게이션 표본 OD간의 값을 비교 분석하고, 이와 함께 KTDB OD표와 내비게이션 표본 OD의 구조를 비교 분석함
- 먼저, 분석 대상으로는 다음 <표 2- 32>과 같이 KTDB OD와 내비게이션 표본 OD를 비교 하였음
- 내비게이션 표본 OD 경우 표본 자료라는 특성상 일부 한계가 존재하여 충분한 기종점과 통행량을 확보하기 위해 표본 OD를 집계하였음
- 분석 방법으로 KTDB OD와 내비게이션 표본 OD의 통행분포를 검토하기 위해 두 OD의 기종점 쌍을 비교 분석하였음

<표 2- 32> KTDB와 내비게이션 OD 비교

| 구분 | KTDB | 내비게이션 | |
|----------------|------------|-------------------------|---------|
| | | 집계(13일) | 1일기준 |
| 자료 기준 | 1일 기준 | 2014. 10 화·수·목 (13일 집계) | |
| 총 기종점 쌍 | 60,371 | 41,567 | - |
| 총 통행량 | 53,929,051 | 3,482,839 | 267,911 |
| 총 기종점 쌍수 비율(%) | 100% (기준) | 68.85% | - |
| 총 통행량 비율(%) | 100% (기준) | 6.46% | 0.50% |

- 본 연구에서는 두 OD간 총량과 기종점의 통행분포량을 비교하지 않았는데, 이러한 이유는 KTDB OD는 전수화 OD이고 내비게이션 OD는 표본 OD이기에 총량적인 비교가 어렵고 현재 분석에 사용한 내비게이션 OD가 집계자료이기에 각 기종점 통행분포량 비교는 비합리적으로 판단하였음
- 그래서, 본 연구에서는 기종점 비교 방법으로 내비게이션 OD와 KTDB OD의 Zero cell을 검토하였음
- 여기서, Zero cell은 내비게이션 OD의 특정 기종점 쌍에는 통행이 존재하는데, 동일한 KTDB 기종점 쌍에 통행이 존재하지 않는 기종점 쌍을 Zero cell이라 칭하였음
- 다음으로 <표 2- 33>과 같이 두 OD를 통행량 기준으로 정렬하였고, 두 OD간 동일한 특정 기종점 쌍의 통행량 유무(Zero cell)을 검토하였음
- 분석결과, 통행량 1이상 기준에서 Zero cell은 3,689개로, KTDB OD 49,695 개 기종점 쌍 대비 비율은 약 7.4%로 나타났음
- 그리고, Zero cell은 통행량 10 이하 기종점이 다수를 차지하는 것으로 나타났으며, 통행량 100이상 기준에서는 KTDB OD가 내비게이션 OD의 기종점을 대부분 설명하는 것을 확인할 수 있음
- 하지만, 실제 내비게이션 표본 OD가 KTDB OD에 비해 상대적으로 총 기종점 쌍 수가 적고, 표본율이 낮은 것을 고려한다면 이러한 Zero cell에서 통행량 손실이 상당할 것으로 판단됨

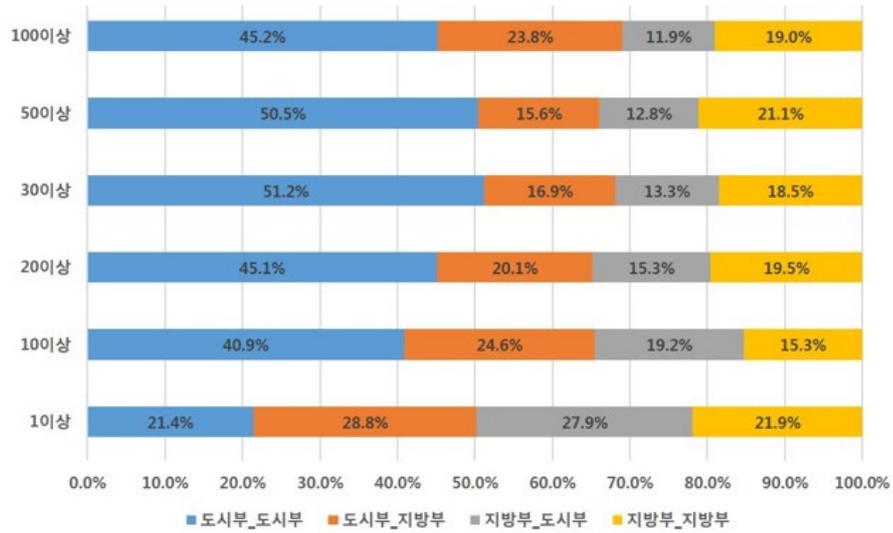
<표 2- 33> 기종점 쌍 비교 분석 (KTDB & 내비게이션 OD)

| 구분 | KTDB OD | 내비게이션 OD | 일치 | 불일치(zero cell) |
|--------|---------|----------|--------|----------------|
| | | | 기종점 쌍수 | 기종점 쌍수 |
| 통행량기준 | 60,371 | 41,567 | - | - |
| 1이상 | 49,695 | 41,567 | 37,878 | 3,689 |
| 5이상 | 34,923 | 20,327 | 19,000 | 1,327 |
| 10이상 | 27,516 | 14,330 | 13,559 | 771 |
| 20이상 | 20,918 | 10,274 | 9,875 | 399 |
| 30이상 | 17,633 | 8,265 | 8,017 | 248 |
| 50이상 | 14,391 | 6,189 | 6,080 | 109 |
| 100이상 | 10,922 | 3,983 | 3,941 | 42 |
| 200이상 | 8,307 | 2,434 | 2,425 | 9 |
| 300이상 | 6,887 | 1,853 | 1,849 | 4 |
| 500이상 | 5,303 | 1,236 | 1,234 | 2 |
| 1000이상 | 3,659 | 706 | 704 | 2 |
| 2000이상 | 2,358 | 375 | 375 | 0 |
| 3000이상 | 1,804 | 253 | 253 | 0 |

- 다음으로 Zero cell을 도시/지방부로 구분하여 검토하였고, 이에 대한 결과를 <표 2-34>에 제시하였음
- Zero cell은 통행량 1이상에서 도시부 지방부가 비슷한 수준을 보이다 통행량 10이상부터 도시부 기종점의 Zero cell 빈도가 증가하는 것으로 나타남
- 그리고 <그림 2- 52>와 같이 Zero cell의 기종점 특성을 살펴보면 통행량 10이상부터 도시부 기반 기종점의 비율이 지방부에 비해 높게 나타남
- 이렇게 도시부에서 발생하는 Zero cell의 기종점을 좀 더 상세히 살펴보면 대도시가 아닌 중소도시에서 주로 발생하는 것을 확인할 수 있음

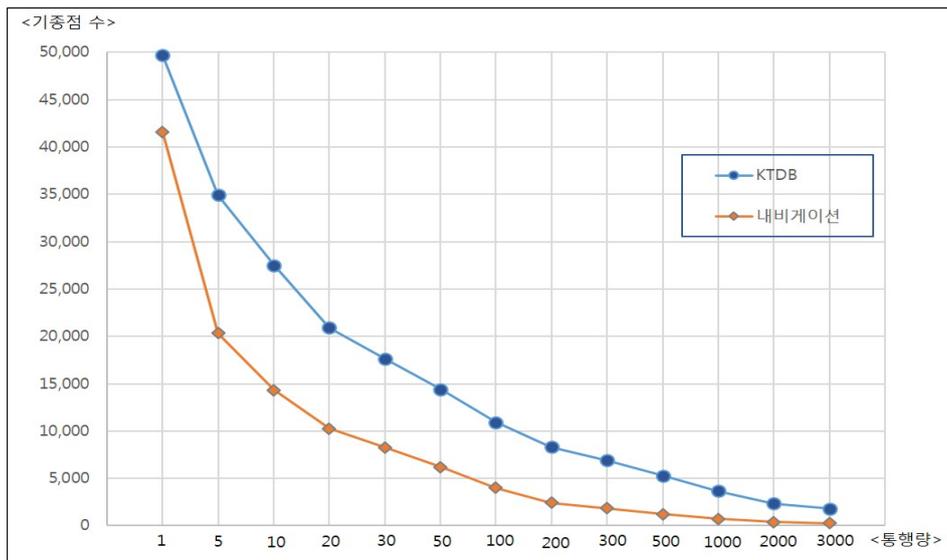
<표 2- 34> 교통량 기준 1이상 Zero cell 도시/지방부 비교

| 구분 | 1이상 | 10이상 | 20이상 | 30이상 | 50이상 | 100이상 |
|---------|-------|------|------|------|------|-------|
| 도시부(A) | 1,853 | 505 | 260 | 169 | 72 | 29 |
| 지방부(B) | 1,836 | 266 | 139 | 79 | 37 | 13 |
| 합계 | 3,689 | 771 | 399 | 248 | 109 | 42 |
| 차이(A-B) | 17 | 239 | 121 | 90 | 35 | 16 |



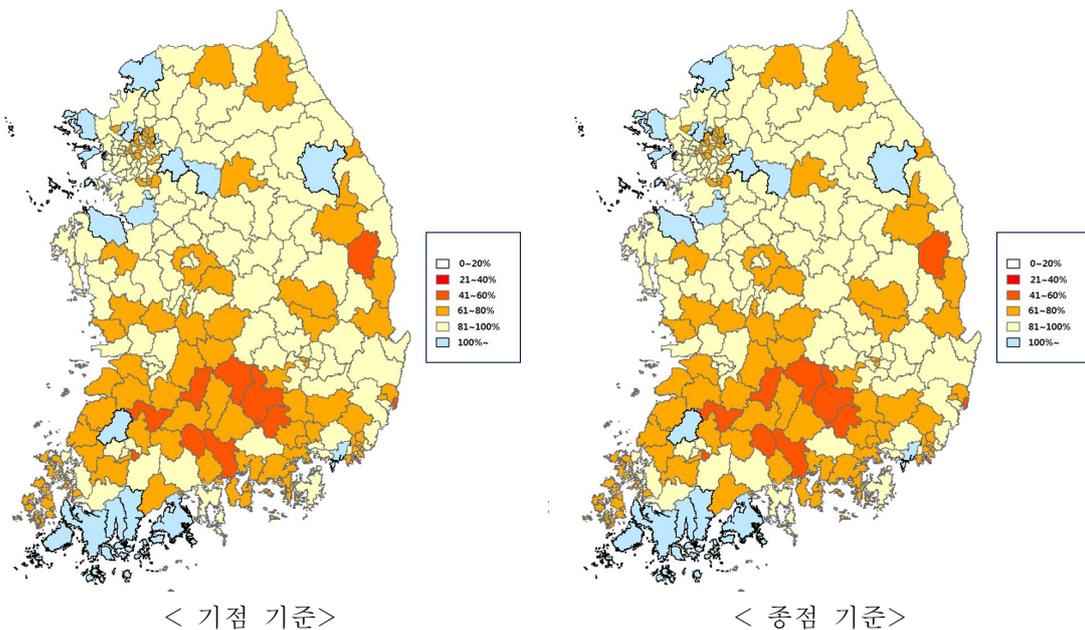
<그림 2- 52> Zero cell 기종점 특성(도시/지방부)

- 다음으로 이러한 Zero cell 뿐 만아니라 내비게이션 OD의 전수화 과정에서는 자료가 포함하고 있는 기종점 쌍의 분포 차이도 영향을 줄 수 있음
- 즉, KTDB OD에 비하여 내비게이션 OD 자료가 기종점 쌍의 숫자가 작다면 표본율을 적용해 양적인 전수화를 진행하더라도 통행량의 공간적 분포는 왜곡될 수 있음
- 현재 총량을 비교하면 KTDB OD의 경우 총 60,371개 기종점 쌍 중 교통량 1 이상 기종점 쌍은 49,695 개이며 내비게이션 자료는 교통량 1이상 기종점 쌍의 숫자는 41,567 개임



<그림 2- 53> 교통량 기준 기종점 쌍수 비교 (KTDB ODvs내비게이션 OD)

- 이때 KTDB OD 기종점 쌍을 집계하는 기준교통량을 증가시키면서 내비게이션 OD 기종점 쌍과 비교한 것을 <그림 2- 53>에 제시하였음
- 그림을 보면 기준교통량이 증가하더라도 KTDB OD와 내비게이션 OD의 총 기종점 쌍수 차이가 지속적으로 나타나는 것을 확인할 수 있음
- 따라서, 앞서 제시한 것 같이 통행량의 분포 및 기종점 쌍의 차이 등 공간적 분포 차이가 있기에 단일 표본율을 적용하는 것은 비합리적이라 판단됨
- 또한, <그림 2- 54>와 같이 KTDB OD와 내비게이션 OD의 지역별 기종점 분포를 통행량 1 이상 기준 으로 비교하였는데 발생 및 도착 기준에 크게 관계없이 수도권 남부 지역 및 내륙지방 일부에서 KTDB OD에 비해 내비게이션 OD의 기종점의 숫자가 작음을 알 수 있음
- 그러나, 수도권 외곽지역 및 남부 지역 일부에서 KTDB OD에 비해 내비게이션 OD의 기종점 쌍이 더 많은 지역이 일부 관측되었음
- 이러한 현상은 앞서 언급한 기종점의 Zero cell에 의한 것으로 판단됨



<그림 2- 54> KTDB와 내비게이션 OD 기종점 분포 비교 (통행량 1 이상)

- 이렇듯 현재 내비게이션 자료에 의한 분석으로는 주로 대도시 지역이나 대도시 인근 지역에서 내비게이션 자료가 KTDB OD 자료에 비해서는 기점과 종점의 숫자가 작으며, 이는 공간적인 분포가 상대적으로 덜 넓게 분포된 형태로 수집된다는 것을 알 수 있음

- 따라서 현재의 내비게이션 자료를 단일한 표본율을 통해 전수화 할 경우 대도시 지역의 OD 교통량이 일부 기종점 쌍에 집중되어 전수화 됨으로서 양적 편차가 발생할 가능성이 있음
- 다음으로 이러한 기종점 간에 편기 현상을 검토하기 위해 <표 2- 35>와 같이 KTDB와 내비게이션 OD의 기종점을 교통량 기준으로 우선순위를 비교하였음
- KTDB와 내비게이션 OD의 기종점의 교통량 값 비교는 어려우나, 두 OD의 기종점 우선순위는 비교가 가능함
- <표 2- 35>에 제시한 결과를 바탕으로 기종점 간에 편기 현상을 검토하기 위해 상위 10개, 20개, 50개, 100개 기종점의 일치율을 비교하였음

<표 2- 35> KTDB OD와 내비게이션 OD 의 기종점 우선순위 비교 (교통량 기준)

| 순위 | 기종점 | | 교통량 | |
|-----|---------|---------|----------|---------|
| | KTDB | 내비게이션 | KTDB | 내비게이션 |
| 1 | 66_67 | 168_167 | 104, 713 | 11, 506 |
| 2 | 67_66 | 167_168 | 104, 396 | 11, 308 |
| 3 | 168_167 | 63_64 | 91, 253 | 9, 563 |
| 4 | 167_168 | 68_67 | 89, 274 | 9, 420 |
| 5 | 138_137 | 64_63 | 83, 096 | 9, 181 |
| 6 | 71_70 | 67_68 | 82, 729 | 9, 165 |
| 7 | 70_71 | 138_137 | 82, 021 | 8, 162 |
| 8 | 64_63 | 150_151 | 81, 725 | 7, 838 |
| 9 | 205_204 | 137_138 | 81, 576 | 7, 594 |
| 10 | 204_205 | 63_61 | 81, 452 | 7, 441 |
| 11 | 137_138 | 61_63 | 81, 229 | 7, 347 |
| 12 | 63_64 | 61_64 | 78, 086 | 7, 324 |
| 13 | 68_67 | 151_150 | 77, 296 | 7, 323 |
| 14 | 22_23 | 64_61 | 76, 272 | 7, 012 |
| 15 | 229_228 | 228_229 | 75, 373 | 6, 164 |
| 16 | 67_68 | 229_228 | 74, 477 | 6, 113 |
| 17 | 64_61 | 92_91 | 74, 015 | 6, 112 |
| 18 | 61_64 | 49_48 | 73, 569 | 6, 058 |
| 19 | 91_92 | 141_138 | 70, 712 | 6, 044 |
| 20 | 228_229 | 48_49 | 70, 566 | 5, 995 |
| ... | ... | ... | ... | ... |

- 분석결과, <표 2- 36>과 같이 두 OD의 상위 10개 기종점 쌍 일치율은 40%이며, 100개 기종점 쌍의 일치율은 57%로 나타났음

- 이중 상위 기종점 50개의 일치율은 62%로 가장 큰 값이 나타났으며, 이러한 결과를 통해 두 OD의 기종점은 일부 편기 현상이 발생하나 위의 조건에서 평균 약 55% 기종점이 공간적 분포가 일치하는 것을 확인할 수 있음
- 이러한 결과를 통해 내비게이션 자료의 전수화 과정에서는 이러한 표본율의 편기현상을 고려하여 단일 표본율이 아닌 자료의 특성별 표본율을 고려한 각 기준별 표본율을 각각 적용해야 할 것으로 판단됨

<표 2- 36> KTDB 상위 기종점 대비 내비게이션 OD 기종점의 일치율 비교

| KTDB 상위 기종점 수(개) | 내비게이션 상위 기종점 | |
|------------------|--------------|---------|
| | 일치 수 (개) | 일치율 (%) |
| 10 | 4 | 40% |
| 20 | 12 | 60% |
| 50 | 31 | 62% |
| 100 | 57 | 57% |

2. 내비게이션 자료 표본을 분석

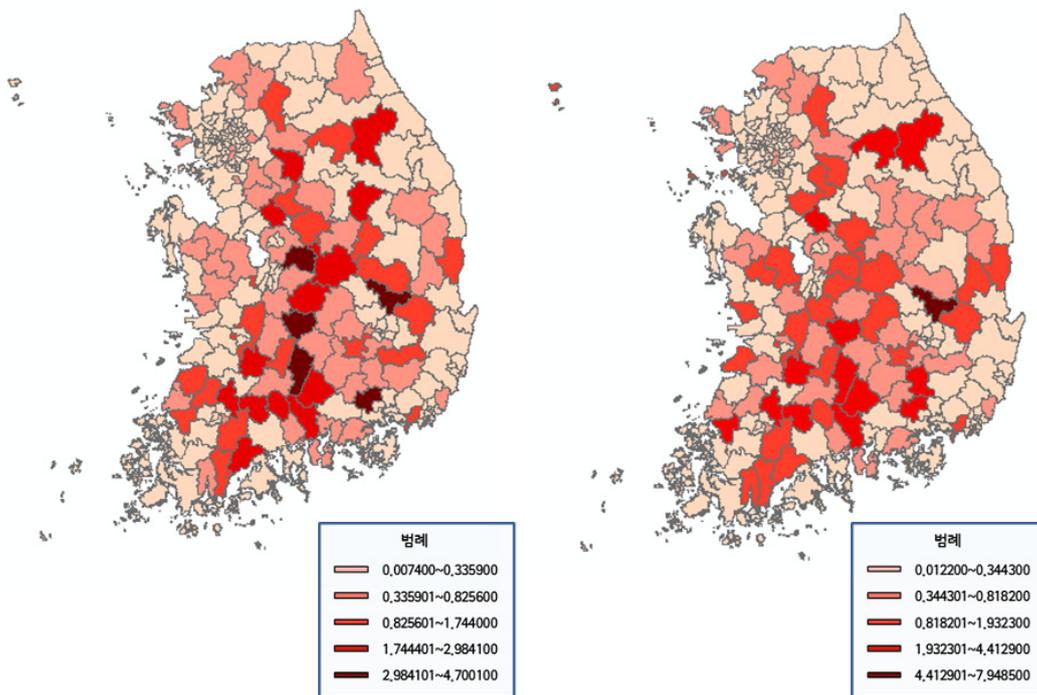
가. 내비게이션 자료 표본을 분석 배경

- 본 연구에서 분석에 사용하는 차량 내비게이션 자료는 모든 승용차 이용자에게 대해 임의 표본을 선정하여 수집되는 것이 아니라 차량 구입 시 선택적으로 추가비용을 지불하고 설치된 기기에 의해 수집되는 자료임
- 현재 현대 MN-Soft의 자료 특성상 운전자가 내비게이션 기기를 통해 경로 안내를 받은 통행에 대해서만 자료가 수집되기 때문에 모든 승용차 통행에 대해 임의로 추출된 표본이라 가정하기는 어려움
- 수집과정을 고려하면 현재의 내비게이션 자료는 운전자가 평소에 잘 이용하지 않는 종점에 대한 통행을 할 때 수집되는 경향이 크기 때문에 일반적인 통행패턴과는 상당한 차이가 있을 수 있음
- 따라서 수집된 내비게이션 자료가 가진 편기성을 어떻게 보완하여 전수화에 반영할 것인가가 향후 내비게이션 자료 분석을 위해서도 매우 중요한 문제임
- 이러한 배경에 의해 본 연구에 사용된 내비게이션 자료의 공간적인 분포 특성을 분석하고, 이를 존이나 기종점의 사회경제적인 지표들과 비교하여 내비게이션 자료의 공간적인 편기 가능성을 확인함
- 또 건설기술연구원을 통해 수집되는 관측교통량을 이용하여 도로 등급별로 표본율에는 어떠한 차이가 있는지도 분석함
- 경로 안내를 받은 차량에 대해서만 표본이 수집되는 내비게이션 자료의 특성상 도시와 비도시, 고속도로와 일반도로 간에도 표본율에 상당한 차이가 발생할 가능성이 있음
- 이러한 자료들이 확보될 경우 내비게이션 표본 OD를 전수화할 때 기종점별로 표본율에 차이를 두거나, 각 기종점 교통량의 고속도로 이용율에 따라 표본율을 다르게 적용할 수도 있고, KTDB의 TLFD (Trip Length Frequency Distribution)을 이용하여 내비게이션 기종점 쌍을 통행거리별로 분류하여 다른 표본율을 적용할 수 있음

나. 내비게이션 표본 기종점표 표본을 분석

1) 사회경제 지표를 이용한 표본을 공간분석

- 내비게이션 차량의 통행발생 및 도착 검증을 위해서 본 연구에서는 인구 및 차량등록 대수와 내비게이션 자료 비율을 준별로 비교하였음
- <그림 2- 55>의 (가)와 (나)를 비교해보면 먼저 확인되는 특징은 발생 기준과 도착 기준 인구 10만 명당 내비게이션 자료 비율이 준 별로 상당한 차이가 있다는 것임
- 이러한 현상은 기점과 종점에 따라 의미가 다를 수 있는데, 기점의 경우 특정한 기점이 다른 기점 준보다 내비게이션 자료 비율이 많다는 것은 일반적으로 해당 준 운전자들이 내비게이션 이용량이 많음을 의미하는 것임
- 또 해당 준의 인구 대비 차량보유비율이 낮은 경우에는 준의 인구 대비 내비게이션 자료 비율이 상당히 낮게 나타날 수 있음

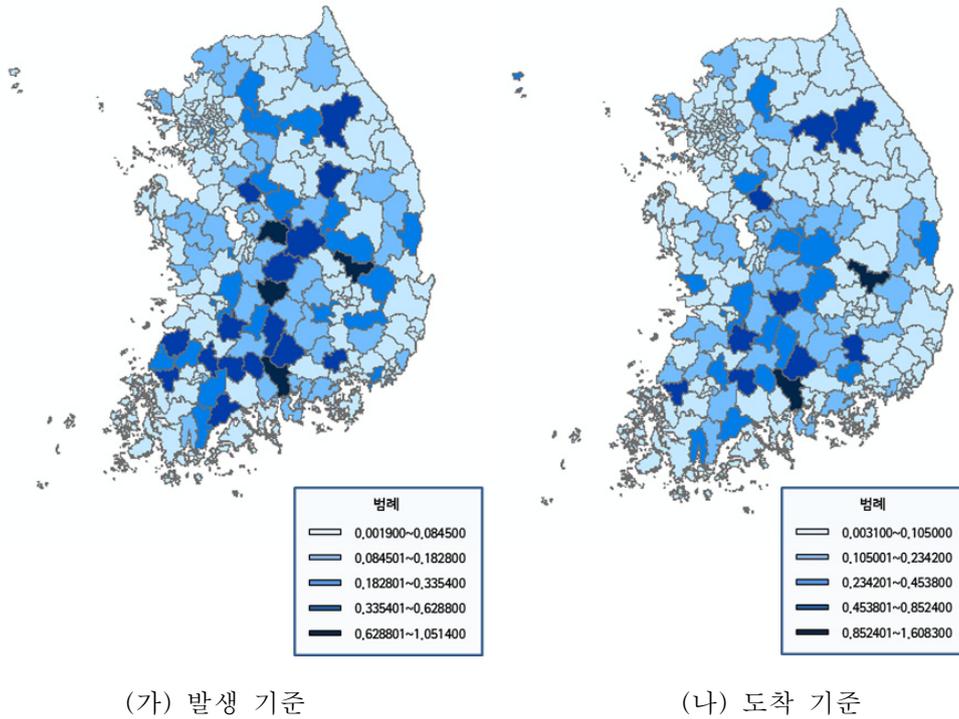


(가) 발생 기준

(나) 도착 기준

<그림 2- 55> 인구 10만명 당 내비게이션 자료 비율

- 반대로 종점 존이 내비자료 비율이 높다면 평균적인 수준에 비하여 내비게이션에서 해당 종점을 더 많이 탐색하고 있음을 의미함
- 따라서 종점의 인구대비 내비게이션 자료비율이 높다는 것은 이 존으로 통행하는 운전자들이 해당 종점으로 가는 통행 경로를 잘 모른다는 것을 의미하며, 이는 이 종점존이 출근과 같은 일상적인 통행 보다는 여가통행과 같은 비 일상적인 통행이 많이 도착하는 존임을 의미함
- 공간 분석 결과 나타나는 두 번째 특징은 기점기준과 종점기준 모두 대도시 지역의 경우 내비게이션 자료의 비율이 인구대비 낮고, 자료 비율이 높은 지역들은 내륙지방의 비도시 존들이 많았다는 점임
- 이러한 특성은 대도시 지역의 경우 상대적으로 인구가 많고, 대도시 지역의 출퇴근 통행은 경로 탐색을 하지 않는 경우가 일반적이므로 이를 제외한 통행만이 내비게이션 자료에 포착되기 때문이라 추측됨
- 따라서 내비게이션 표본 OD의 공간적 분포가 수집 과정상의 한계를 그대로 반영하고 있음을 확인할 수 있음
- 그러나 앞서 밝힌 바와 같이 인구가 많다고 하더라도 차량 보유대수가 적다면 내비게이션 자료 수집율은 낮게 나타날 수 있으며, 이 때문에 인구 보다는 차량 등록 대수가 내비게이션 자료의 공간적 편기를 분석하는데 보다 직접적인 자료라 할 수 있음
- 예를 들어 대중교통 시스템이 잘 갖추어진 지역과 그렇지 않은 지역 간에는 인구 당 차량 등록대수나 차량 비용 빈도에 차이가 있을 수 있고, 이에 따른 내비게이션 자료 발생 빈도도 차이가 날 수 있음
- 지역별 차량 보유 및 이용 행태가 내비게이션 자료 발생에 영향을 주지 않는지를 확인하기 위하여 등록 차량 1만 대당 내비게이션 자료 비율도 <그림 2-56>에서 존 별로 분석하였음
- 전반적으로는 두 그림을 비교해보면 차량 1만 대당 내비게이션 자료의 수집 비율은 발생과 도착 기준 모두 인구 대비 수집 비율과 큰 차이가 없음을 확인할 수 있음



<그림 2- 56> 차량 1만대당 내비게이션 자료 비율

- 결론적으로는 동일한 인구와 차량 등록 대수 수준에서 현재의 내비게이션 자료는 지역에 따라 다른 비율로 발생되고 있음을 확인하였음
- 또, 인구 및 차량 등록대수 대비 비율을 고려하더라도 발생과 도착 존 기준으로 자료의 발생량에 차이가 있었음
- 따라서, 이러한 존의 내비게이션 자료의 공간적인 발생 편차가 내비게이션 OD의 전수화 과정에 반영되어야 함
- 마지막으로 각 존별로 내비게이션 자료 비율이 얼마나 편차가 존재하는지 정량적인 분석을 시행하기 위해 존별 평균값과 분산계수 (CV) 값을 계산함

<표 2- 37> 인구 및 차량 등록대수 대비 내비게이션 자료 수집비율 통계분석

| 구분 | 인구 당 비율 (10만명) | | 차량당 비율 (1만대) | |
|------|----------------|--------|--------------|--------|
| | 발생 기준 | 도착 기준 | 발생 기준 | 도착 기준 |
| 평균 | 0.5007 | 0.5064 | 0.1131 | 0.1160 |
| 표준편차 | 0.7430 | 0.8172 | 0.1543 | 0.1741 |
| CV값 | 1.4840 | 1.6135 | 1.3638 | 1.5008 |

- <표 2- 38>을 보면 평균값의 경우 발생과 도착기준 값 간에 큰 차이가 없음을 알 수 있음
- 그러나 CV값을 보면 먼저 인구 10만 명당 비율이나 차량 1만 대당 비율 모두 도착기준 보다는 발생 기준이 존 간의 차이는 좀 더 작음을 알 수 있음
- 따라서 내비게이션 자료는 기점을 기준으로 집계했을 때 발생량이 사회경제적 지표로 좀 더 잘 설명될 수 있다고 추측할 수 있음
- 단위당 자료 비율이 발생 존 기준으로 편차가 적다는 것은 발생 시에는 존별 차이가 상대적으로 적으나 도착 시에는 존의 특징에 따라 편차가 더 커짐을 의미하며, 이는 통행 목적에 따라 내비 이용율에 차이가 있다는 수집체계상의 한계가 다시 드러난 것이라 할 수 있음
- 따라서 내비게이션 자료는 기점을 기준으로 집계했을 때 발생량이 사회경제적 지표로 좀 더 잘 설명될 수 있음
- 두 번째 뚜렷한 특징은 인구 당 자료비율에 비하여 차량 당 자료 비율이 상당히 작게 나타난다는 것인데 이는 값 자체가 차량 당 비율이 더 작기 때문이며, 이러한 영향을 제외하기 위하여 CV(변동계수)값 분석을 시행함
- CV값의 경우 차량등록대수 당 내비자료 비율(1.3638, 1.5008)이 인구 당 비율 (1.4841, 1.6435) 보다 더 낮게 나타나기 때문에 차량 등록대수가 내비게이션 자료의 발생을 좀 더 잘 설명할 수 있다고 추측할 수 있음
- 좀 더 상세한 분석을 위해 <표 2- 38>에서는 두 변수와 내비게이션 자료량간의 상관 분석을 시행함

<표 2- 38> 인구 및 차량등록 대수 vs. 내비 자료수 회귀분석 결과

| R^2 | | 0. 전체 | | 1-1 도시부 | | 1-2 지방부 | | 2-1 수도권 | | 2-2 비수도권 | | 3-1 광역권 | | 3-2 비광역권 | |
|--------|-----|-------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|----------|-------|---------|-------|----------|-------|
| | | KT DB | 내비 | KT DB | 내비 | KT DB | 내비 | KT DB | 내비 | KT DB | 내비 | KT DB | 내비 | KT DB | 내비 |
| 발생량 기준 | 인구수 | 0.676 | 0.584 | 0.400 | 0.332 | 0.821 | 0.606 | 0.388 | 0.333 | 0.707 | 0.544 | 0.406 | 0.338 | 0.675 | 0.353 |
| | 차량수 | 0.652 | 0.653 | 0.370 | 0.437 | 0.799 | 0.639 | 0.441 | 0.685 | 0.684 | 0.544 | 0.476 | 0.649 | 0.702 | 0.395 |
| 도착량 기준 | 인구수 | 0.665 | 0.574 | 0.385 | 0.293 | 0.814 | 0.815 | 0.366 | 0.277 | 0.709 | 0.580 | 0.371 | 0.301 | 0.719 | 0.413 |
| | 차량수 | 0.649 | 0.637 | 0.373 | 0.398 | 0.633 | 0.645 | 0.442 | 0.591 | 0.687 | 0.569 | 0.458 | 0.578 | 0.749 | 0.443 |

- 앞서 그림을 통해 살펴본바와 같이 도시와 지방부에서 내비자료 발생 특성이 다르게 나타남에 착안하여 존을 도시와 지방으로 구분하여 회귀분석을 실시하였으며, 분류 기준은 2013 KOTI의 분류기준을 적용함 (KOTI, 2015).
- <표 2- 38>에서 나타난 바와 같이 발생과 도착량 기준 모두 인구수보다는 차량수가 R2 값이 높았고, 도착량 보다 발생량이 조금 더 R2 값이 높았음
- 지역별로 구분하여 분석하면 도시부보다는 지방부에서 전반적으로 두 자료를 통한 내비자료 발생빈도 설명력이 높았음
- 특이한 사실은 지방부만 보면 도착량 기준으로 도착존의 인구가 가장 내비자료 발생 빈도에 대한 설명력이 높았음
- 그러나 도시부의 경우 발생량 기준으로 차량등록 대수가 가장 설명력이 높은 것으로 나타남
- 결과적으로는 지방부의 경우 내비자료의 수집량이 인구나 차량등록 대수와 선형 비례관계가 상당히 명확하게 나타나나 도시부의 경우 그렇지 않다고 할 수 있음
- 그러나 KTDB 존을 수도권과 비수도권으로 구분할 경우 이러한 양상은 다르게 나타남
- 수도권만을 분석할 경우 도시부만 분석했을 경우와 비교하면 자동차 등록 대수에 의한 설명력은 높아지는 것으로 나타났음
- 이는 도시부 내에서도 수도권과 지방이 내비게이션 자료 발생 빈도가 차량 등록대수와 다른 관계를 가짐을 의미하는 것임

2) KTDB 교통량 자료를 이용한 표본율 도로 유형별 분석

① 표본율의 계산 방법

- 앞서 KTDB OD 교통량과의 비교를 통해 내비게이션 표본 OD의 표본율이 공간적인 편기가 존재할 것이라 추측할 수 있었음
- 이러한 공간적인 편기를 고려해 내비게이션 OD의 전수화를 수행하거나 KTDB OD의 검증을 수행하기 위해서는 내비게이션 자료의 표본율을 계산할 수 있는 다른 비교자료가 필요함
- 실제 모집단의 총량 OD의 경우 내비자료의 표본율 참값을 확인할 수 있는 자료이지만 존재하지 않음
- 따라서 대신 본 연구에서는 교통량 총량을 고려하기 위해 링크 관측교통량을 이용하였음

- 즉, 특정 교통량 조사지점에서의 내비게이션 자료 표본율(R_a)은 식 (1)와 같이 결정됨

$$R_a = \frac{\widehat{x_{nv,a}}}{x_a} \quad (1)$$

- 식 (1)에서 $\widehat{x_{nv,a}}$ 는 링크 a를 통과하는 내비게이션 표본자료 수를 나타내며, $\overline{x_a}$ 는 링크 관측 교통량임
- 식 (1)를 이용하여 전국 도로망에서 건설기술연구원의 관측교통량 조사지점 전체를 대상으로 내비게이션 표본율을 계산하였음
- 표본율 분석은 선행연구로 진행되었고, 분석에 사용된 건설기술연구원의 관측교통량은 2013년 10월 16일에 조사된 자료이며, 총 6,951개의 지점에서 조사가 이루어졌음

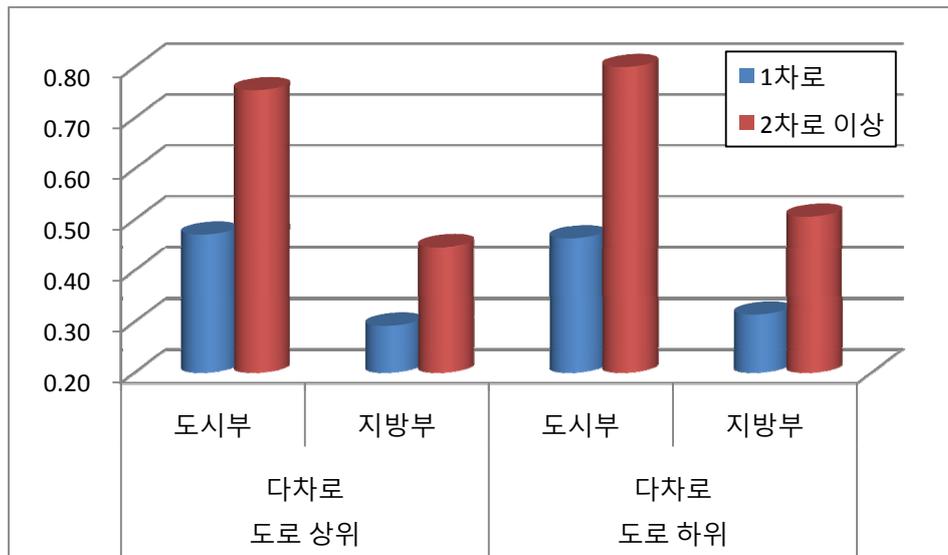
② 도로 등급별 자료 표본율 분석

- 개별 지점별 표본율을 분석하기 위해 도로 등급별 표본율 분석을 수행함
- <표 2- 39>에 제시된 도로 위계별 평균 표본율을 보면 도로등급별로 표본율에 상당한 차이가 있는 것이 확인됨
- 이는 인구 및 자동차 등록 대수와 같은 사회 경제 지표뿐만 아니라 KTDB OD와의 비교에서 나타난 것과 유사하게 도로의 이용에 있어서도 공간적인 편차가 존재함을 의미하는 것임

<표 2- 39> 도로 등급별 내비게이션자료 표본율 평균, 표준편차, 변동계수 분석

| 구분 | | 도로 위계별 평균 표본율(%) | | | 도로 위계별 표본율 표준편차 | | | 도로 위계별 표본율 변동계수 | | |
|----------|-------|------------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| | | 도시부 | 지방부 | 전체 | 도시부 | 지방부 | 전체 | 도시부 | 지방부 | 전체 |
| 고속도로 | 2차로이하 | 1.295 | 1.485 | 1.377 | 0.764 | 0.804 | 0.786 | 0.590 | 0.541 | 0.571 |
| | 3차로이상 | 1.504 | 1.296 | 1.490 | 3.155 | 0.767 | 3.140 | 2.098 | 0.592 | 2.108 |
| | 전체 | 1.402 | 1.467 | 1.421 | 2.325 | 0.801 | 2.010 | 1.658 | 0.546 | 1.414 |
| 다차로도로 상위 | 1차로 | 0.470 | 0.292 | 0.356 | 0.670 | 0.421 | 0.530 | 1.425 | 1.442 | 1.492 |
| | 2차로이상 | 0.755 | 0.446 | 0.591 | 0.619 | 0.640 | 0.649 | 0.821 | 1.437 | 1.099 |
| | 전체 | 0.593 | 0.341 | 0.442 | 0.663 | 0.507 | 0.587 | 1.119 | 1.485 | 1.330 |
| 다차로도로 하위 | 1차로 | 0.463 | 0.314 | 0.362 | 0.432 | 0.618 | 0.568 | 0.934 | 1.968 | 1.571 |
| | 2차로이상 | 0.824 | 0.506 | 0.661 | 0.630 | 0.587 | 0.629 | 0.765 | 1.161 | 0.950 |
| | 전체 | 0.742 | 0.434 | 0.569 | 0.609 | 0.606 | 0.626 | 0.822 | 1.395 | 1.100 |

- 이러한 결과는 앞에서 추측했던바와 같이 도로의 유형에 따라, 도시부와 지방부에 따라 차량들의 통행목적 비율이 다르기 때문일 것으로 판단됨
- 고속도로의 경우 관측지점 전체의 평균값이 1.421 (%)인데, 다차로 상위등급의 경우 0.4415 (%)이고 하위등급의 경우 0.5687 (%)로서 고속도로와 다차로도로 간의 표본율에 상당한 차이가 있음
- KTDB에서는 각 도로 등급 내에서도 차로별로 도로를 구분하는데 고속도로의 경우 2차로 이하와 3차로 이상간의 표본율 차이가 크지 않았으나 다차로 도로의 경우 <그림 2- 57>에서 보는바와 같이 교차로의 밀도와 관계없이 2차로 이상 도로에서의 표본율이 1차로 도로의 표본율에 비해 상당히 높았음
- 이러한 결과는 내비게이션 표본 통행의 경우 2차로를 이용한 통행비율이 1차로를 이용한 통행 비율보다 더 높음을 의미함
- <표 2- 57>의 도로 위계별 표본율의 표준 편차 및 변동계수는 동일한 유형의 도로에서 서로 다른 교통량 관측지점간의 표본율 변동을 나타내는 것임
- 분석 결과에 따르면 표본율의 지점 간 편차가 가장 작은 도로유형은 다차로 하위 등급임
- 그러나 차로수까지 고려한 표본율에서는 고속도로 2차로 이하 도로의 표본율이 변동 계수가 가장 낮은 것으로 나타났음 (0.5712)
- 반대로 고속도로 3차로 이상 도로는 다른 유형의 도로에 비하여 표본율의 변동계수가 매우 높게 나타났는데(2.1075) 이는 고속도로 3차로 이상에 위치한 교통량 조사지점의 경우 내비통행이 많이 통과하는 지점과 그렇지 않은 지점의 편차가 매우 큼을 의미하는 것임
- 이러한 동일 위계에서의 표본율 변동 역시 지점에 따라 차량들의 통행목적 비율이 상당한 차이가 있을 수 있음을 의미하는 것임

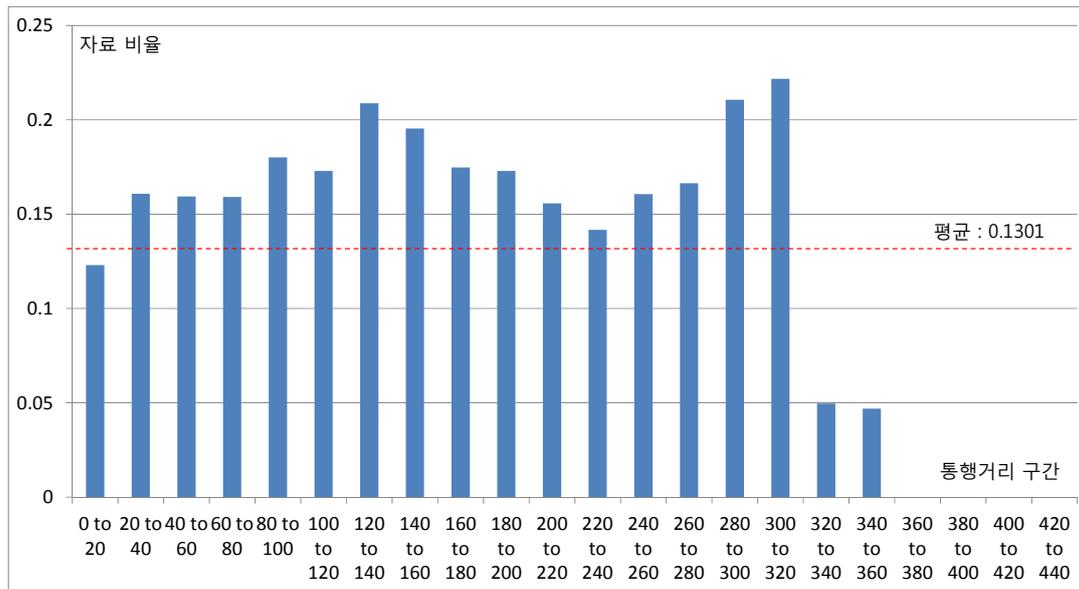


<그림 2- 57> 다차로 도로 차로수 및 지역별 표본을 비교

- 마지막으로 도시부와 지방부를 비교하면 도시부의 표본율이 상당히 높게 나타나는데 이는 통행목적 비율의 영향이 아니라 혼잡에 의한 영향으로도 판단 가능함
- 즉, 일상 통행이거나 경로를 잘 아는 통행이라도 도시부의 경우 혼잡이 발생하는 지역인 경우 빠른 길을 선택하기 위해 내비게이션을 이용할 수 있음
- 도시부와 지방부의 동일위계 변동계수를 비교하면 지방부는 변동계수가 크고 도시부는 낮게 나타나는데, 이 결과를 보면 지방부의 경우 지점에 따라 표본율 차이가 크고 이는 교통량의 통행목적 비율의 영향이 크다는 것을 시사한다고 추측됨
- 그러나 도시부는 지점간의 편차가 크지 않는데 이는 도시부에서는 내비게이션이 주로 혼잡 우회를 위한 목적으로 사용되기 때문에 혼잡시간대 도심 대부분에서 혼잡이 발생하므로 지점간의 큰 편차가 없는 것으로 추측됨

3) KTDB OD TLFDD를 이용한 표본율 분석

- 도로 등급별, 도시부와 지방부별로도 내비게이션 표본율이 상당한 차이를 보임을 확인하였으나, 내비게이션 이용 특성상 통행거리 별로도 내비게이션 수집량과 KTDB OD량 간에는 차이가 있을 것이라 추정됨
- 개별 기종점 별로 내비자료의 표본율과 KTDB OD 계산의 오차 등이 반영되어 뚜렷한 패턴 분석이 어려울 수 있으나, 통행거리 구간별 집계할 경우 구간별로 두 자료 간에 비율 차이가 나타날 수 있음



<그림 2- 58> 내비게이션 OD/KTDB OD 자료비율 TLFD 분포(20 km 구간 길이)

- 수집 자료에 대하여 먼저 20 km 구간 길이에 대하여 TLFD를 분석한 결과 두 자료 간 평균 자료 비율은 0.1301이었는데, 0~20 km 구간 내 속하는 기종점 쌍들의 경우 내비자료 수집량이 KTD OD에 비하여 조금 적은 것으로 나타남
- 다만 장거리 통행의 경우 320 km 이상에서는 내비게이션 자료가 KTDB 교통량에 비해 상당히 과소 수집되고 있음을 확인할 수 있음
- 반대로 280~320 km 통행거리를 갖는 기종점 쌍들이나 100~200 km 통행거리를 갖는 기종점 쌍들은 내비게이션 자료가 KTDB OD 량에 비하여 과다 수집되는 것으로 추정 됨
- 이상의 분석을 보면 통행거리별로 내비자료의 수집율이 뚜렷한 차이가 존재함을 확인할 수 있음
- 따라서 내비게이션 표본 OD의 전수화를 위해서는 이러한 통행 거리에 따른 내비게이션 자료의 수집율 편기를 반영해야 함

다. 기종점 별 내비게이션 표본을 추정

1) 표본을 계산을 위한 교통량 자료 검토

- 앞 선 연구에서는 도로 유형별로 내비게이션 표본율의 평균값과 변동계수 등을 분석함
- 그러나 내비게이션 표본 OD의 전수화를 위해서는 기종점별 표본율의 분석이 필요하며 이를 위해 현재 KTDB에서 확보한 교통량 조사 지점별 표본율을 이용하여 준별 평균 표본율을

분석을 수행하였음

- 지점별 표본율을 이용하여 내비게이션 표본 OD 전수화를 위한 존 별 표본율을 계산할 때 몇 가지 사항을 고려하여 자료를 필터링 하였음
- 첫 번째 필터링은 존 내부 통행량 과다 지점 제외임
- 본 연구에서 필요한 표본율은 존간 통행 표본 OD를 전수화가 목적임
- 그러나 일부 교통량 조사 지점들의 경우 전체 통행중 매우 높은 비율이 존 내부 통행량으로 구성되어 있어, 이러한 지점을 표본율 계산에 반영할 경우 표본 OD 전수화 과정에서 왜곡 요인이 될 수 있음
- 따라서 본 연구에서는 존 내부통행량이 포함되지 않는 코든라인에 위치한 교통량 조사지점의 표본율 만을 이용하였음
- 두 번째 고려 사항은 지나치게 표본율이 평균에 비해서 높거나 낮은 지점임
- 표본율의 경우 동일한 도로 등급에서 평균에 비하여 너무 높거나 낮은 지점들이 존재하는데, 이들 지점이 지점의 특성을 반영하는 것인지 단순한 자료의 오류나 편기인지를 현재는 판단하기는 어려움
- 자료가 동일한 지점에서 장기간 조사되는 경우 통계적 근거에 의해 교통량 조사 지점의 제외가 가능하지만 본 연구에서는 이러한 분석이 어려워 동일 등급에서 내비게이션 표본율 상위 10%의 교통량 조사지점들을 존별 표본율 평균값 계산에서 제외하였음
- 세 번째 고려사항은 건설기술 연구원의 교통량 조사지점이 도로위계 간 지점숫자에 큰 차이가 있어 이를 고려해 평균값을 계산해야 한다는 점임
- 고속도로의 경우 총 962개 지점, 다차로 상위등급의 경우 총 2,575개 지점, 다차로 하위 등급의 경우 총 1,354개 지점이 각각 존재함
- 도로의 등급과 유형은 기종점 통행량의 통행 거리와 관련되어 있기 때문에 현재의 자료 비율을 반영하여 존별 표본율을 계산할 경우 통행거리별로 상당한 오차가 발생할 수 있음
- 현재 도로 유형별로 표본율 계산을 위한 조사지점수를 얼마나 선정해야하는지에 대한 이론은 없음
- 따라서 본 연구에서는 고속도로, 다차로 상위등급도로, 다차로 하위등급 도로의 도로 총 연장을 계산하여 그 비율대로 각 존마다 유형별 표본율 계산 시 가중치로 반영하였음
- 각 존별로 코든라인 상의 필터링된 지점들에 대해 유형별 표본율 평균을 계산한 뒤 고속도로, 다차로도로 상위 하위 등급의 도로연장에 따른 가중치를 고려해 존 평균 표본율을 계산함

<표 2- 40> 도로 유형별 교통량 조사 지점 수 (Lv5 네트워크 기준)

| 구분 | | 도로 위계별 표본수 | | |
|-------------|--------|------------|-------|-------|
| | | 도시부 | 지방부 | 전체 |
| 고속도로 | 2차로 이하 | 333 | 251 | 584 |
| | 3차로 이상 | 353 | 25 | 378 |
| | 전체 | 686 | 276 | 962 |
| 다차로 도로상위 | 1차로 | 583 | 1,050 | 1,633 |
| | 2차로 이상 | 442 | 500 | 942 |
| | 전체 | 1,025 | 1,550 | 2,575 |
| 다차로 도로하위 | 1차로 | 135 | 284 | 419 |
| | 2차로 이상 | 458 | 477 | 935 |
| | 전체 | 593 | 761 | 1,354 |

<표 2- 41> 도로 위계별 평균 표본율

| 구분 | | 도로 위계별 평균 표본율 | | |
|-------------|--------|---------------|--------|--------|
| | | 도시부 | 지방부 | 전체 |
| 고속도로 | 2차로 이하 | 0.0130 | 0.0148 | 0.0138 |
| | 3차로 이상 | 0.0150 | 0.0130 | 0.0149 |
| | 전체 | 0.0140 | 0.0147 | 0.0142 |
| 다차로 도로상위 | 1차로 | 0.0047 | 0.0029 | 0.0036 |
| | 2차로 이상 | 0.0075 | 0.0045 | 0.0059 |
| | 전체 | 0.0059 | 0.0034 | 0.0044 |
| 다차로 도로하위 | 1차로 | 0.0046 | 0.0031 | 0.0036 |
| | 2차로 이상 | 0.0082 | 0.0051 | 0.0066 |
| | 전체 | 0.0074 | 0.0043 | 0.0057 |

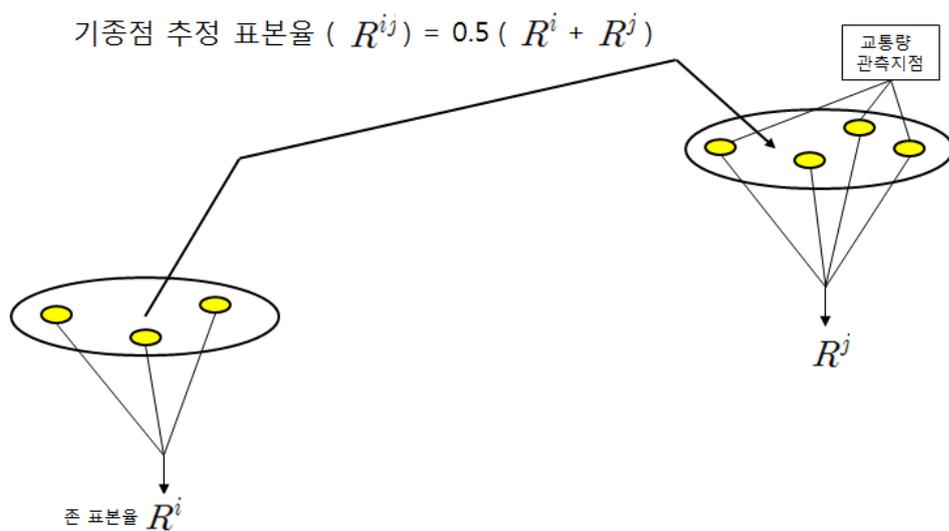
2) 표본율 계산 기법

① 존 표본율을 이용한 기종점 추정 표본율 계산 방법

- 내비게이션 표본 OD의 표본율은 앞서 언급한 것 같이 공간적인 편기가 존재함
- 따라서 이러한 공간적인 편기를 고려해 내비게이션 OD의 전수화를 수행하려면 내비게이션 자료의 표본율을 계산할 수 있는 다른 자료가 필요함
- 모집단의 총량 OD는 내비자료의 표본율 참값을 확인할 수 있는 자료지만, 존재하지 않기 때문에 본 연구에서는 링크 관측교통량을 이용하여 교통량 조사지점에서의 내비게이션 자료 표본율(R_a) 값을 산출하여 사용함

- 개별 지점별 표본율을 분석하기 위하여 도로 위계별 표본율과 표본율의 표준편차와 변동계수를 계산해 분석하였음
- 위의 분석 결과를 바탕으로 교통량 조사지점별 표본율을 이용하여 존별 평균 표본율을 계산하기 위해서는 다음과 같은 고려사항들을 이용하여 필터링을 해야 함
 - 존 내부 통행량 과다 지점 제외
 - 지나치게 표본율이 평균에 비해 높거나 낮은 지점들 제외
 - 건설기술 연구원의 교통량 조사지점 특성상 도로 위계 간 지점숫자의 큰 차이 때문에 이를 고려하여 평균값을 계산
- 본 연구에서는 위에 제시된 고려사항들을 적용하여 존별로 내비게이션 표본율을 계산하는 첫 번째 방법론을 제시함
- 내비게이션 자료의 표본율 계산은 지점 관측교통량과 지점 내비게이션 표본량을 비교를 통해 계산하였으며, 존 별로 내비게이션 표본율을 계산할 수 있는데 이는 R^i , R^j 라고 정의됨
- 각 존 별로 표본율이 계산되면 이를 조합하여 기종점 표본율을 계산할 수 있고, <그림 2-59>과 같이 통행배분모형의 평균 성장률법과 유사한 방법으로 기점과 종점의 표본율을 50%씩 반영하여 기종점 표본율 R^{ij} 을 계산하였음
- 기종점 표본율이 결정되면 식 (2)와 같이 내비게이션 표본량(t_N^{ij})에 를 곱하여 내비게이션 전수화 교통량(\widehat{T}_N^{ij})을 계산할 수 있음.

$$\widehat{T}_N^{ij} = R^{ij} \cdot t_N^{ij} \quad (2)$$



<그림 2- 59> 존 표본율을 이용한 기종점 추정 표본율의 계산

- 위의 식을 적용하여 전수화 할 경우 내비게이션 자료의 공간적 편기를 고려할 수 있고, 각 기종점 별 통행 특성을 반영한 OD 전수화가 가능할 것으로 판단됨
- 또한, 식에서 내비게이션 표본 자료와 실제 통행에 대한 명확한 계수 값 추정이 가능하다면, 현실적인 통행패턴을 반영한 OD 전수화가 가능할 것으로 판단 됨
- 하지만, 위의 연구 방법은 전수화 된 OD를 추정하였을 때 명확한 참값에 의한 총량 비교가 어렵고, 내비게이션 표본 자료를 전수화 하는 과정에서 일부 오류가 발생할 수 있음
- 따라서, 본 방법이 신뢰성을 확보하기 위해서는 향후 지속적인 검토 및 보완이 필요할 것으로 판단됨

② 분석 자료 간 총량을 고려한 표본율 산정 방법

- 다음으로 분석 자료 간 총량을 고려한 표본율 산정 방법은 KTDB와 내비게이션 표본OD의 총량을 기준으로 한 표본율을 적용하는 방법임
- 단순히 KTDB 1일 OD 총량과 집계화된 내비게이션 OD를 1일 단위로 나눈 총량 값을 나누고, 계산된 비율을 각 기종점별 교통량에 곱하는 것임
- 이 방법을 적용하였을 때, 전수화한 내비게이션 OD도 KTDB OD와 총량이 일치하기에 추정된 값을 통해 통행분포와 기종점 통행패턴 비교가 가능함
- 또한 분석 방법이 매우 간단하기에 대표성을 갖는 내비게이션 표본 OD만 확보가 가능하면, 표본 OD의 전수화가 매우 용이함
- 하지만, 검증 대상인 KTDB OD의 총량이 참값이 아닌 상태에서 이 총량 값에 의한 표본율을 적용하기에 비합리적인 부분이 존재함
- 또한, 총량 값에 의한 단일 표본율을 적용하기에 앞서 언급하였듯이 내비게이션 자료의 공간적 편기현상을 제대로 반영하지 못하는 한계가 존재함
- 따라서 이 방법을 적용하여 표본 OD를 전수화 하는 과정에서는 KTDB OD 총량을 내비게이션 표본 OD 전수화에 반영하여 총량은 일치시키되, 전체 총량 일치만을 반영하는 것이 아니라 OD 쌍을 몇 가지 기준을 사용하여 그룹으로 나눈뒤, 각 그룹별로 KTDB 총량을 보전하도록 하는 것이 바람직함
- 이중 가장 대표적인 기준은 기종점 쌍의 통행거리임
- 앞서 <그림 2- 58>에서 확인한 바와 같이 KTDB와 내비게이션 자료는 통행거리 구간별로 자료 비율이 상당한 편차가 존재함
- 따라서 통행거리 구간별로 그룹을 구분한 뒤 각 그룹별로 내비게이션 자료량이 KTDB OD 교통량과 동일하도록 전수화 할 수 있음

3. 내비게이션 전수화 OD 기반 KTDB 통행수요 검증

가. 존 별 표본율을 이용한 전수화 결과

- 먼저 KTDB 존별 자료비율을 기종점별로 이용하여 OD를 구축하고 이를 통행배정하여 KTDB 관측교통량 정산율을 분석함
- 분석결과 존별 평균 표본율을 이용하여 (즉, 기점존과 종점존의 표본율을 50 (%)씩 반영) 내비게이션 표본 OD를 전수화한 뒤 통행배정 한 결과, 전체 정산율은 10.8 (%)로 나타나 현재 KTDB OD의 29.57 (%)에 비하여 매우 낮게 나타났음
- 특히 고속도로의 정산율이 상대적으로 매우 낮아 전체 정산율이 2차로 이하의 경우 6.25 (%), 3차로 이상의 경우 3.7 (%)로 나타났음
- 반면 다차로 하위 등급의 경우 정산율이 상대적으로 KTDB의 정산율과 큰 차이가 나지 않는 경우들도 존재하였음
- 도시부와 지방부로 구분하면 전체 정산율은 큰 차이는 없고, 도시부 다차로 하위등급 도로들이 내비게이션 전수화 OD의 평균 정산율이 다른 도로들 보다 조금 높음
- 이상의 기법에서는 개별 기종점 존의 표본율 만을 이용하였기 때문에 전수화된 내비게이션 OD의 총량이 KTDB OD의 총량과 상당한 차이가 있을 수 있고 이것이 정산율에 큰 영향을 준 것으로 보임

<표 2- 42> 평균기법을 이용한 도로유형별 정산율 (% , 총량 미보정)

| 도로유형 | 전체 | | VDF | 도시부 | | VDF | 지방부 | |
|-------------|-------|-------|-----|-------|-------|-----|-------|-------|
| | KTDB | Navi | | KTDB | Navi | | KTDB | Navi |
| 고속도로 | 67.85 | 6.25 | 1 | 68.7 | 4.1 | 2 | 67.0 | 8.4 |
| | 70.1 | 3.7 | 3 | 63.3 | 3.6 | 4 | 76.9 | 3.8 |
| 다차로 도로 상위등급 | 16.65 | 7.15 | 9 | 18.5 | 10.1 | 10 | 14.8 | 4.2 |
| | 21.2 | 6.15 | 11 | 27.8 | 7.4 | 12 | 14.6 | 4.9 |
| | 19.75 | 10.5 | 13 | 21.8 | 11.8 | 14 | 17.7 | 9.2 |
| | 31.9 | 15.1 | 15 | 36.2 | 12.5 | 16 | 27.6 | 17.7 |
| | 16.6 | 9.15 | 17 | 18.4 | 5.7 | 18 | 14.8 | 12.6 |
| 다차로 도로 하위등급 | 31.3 | 14.8 | 19 | 25.9 | 17.8 | 20 | 36.7 | 11.8 |
| | 20.0 | 11.85 | 21 | 18.3 | 8.5 | 22 | 21.7 | 15.2 |
| | 37.45 | 15.9 | 23 | 32.1 | 17 | 24 | 42.8 | 14.8 |
| | 7.55 | 9.65 | 25 | 8.7 | 8.7 | 26 | 6.4 | 10.6 |
| | 36.2 | 18.35 | 27 | 35.8 | 17.1 | 28 | 36.6 | 19.6 |
| 평균 | 4.15 | 4.15 | 29 | 8.3 | 8.3 | 30 | 0 | 0 |
| | 33.3 | 18.45 | 31 | 33.3 | 17.9 | 32 | 33.3 | 19 |
| 평균 | 29.57 | 10.8 | - | 29.79 | 10.75 | - | 29.35 | 10.84 |

- 따라서 총량 간 차이를 보정하기 위하여 내비게이션 표본 OD가 KTDB OD의 총량과 일치하도록 분석에 사용한 전수화 OD의 총량을 보정함
- KTDB 총량은 1일 수집 기준 22,973,722대였으며, 분석대상 내비게이션 자료량은 87일 수집량이 29,779,147개로서 1일 자료량은 10,962,007개로 산출됨
- 따라서 자료간의 비율은 2.09배 KTDB OD가 더 크고, 이를 기준으로 표본 OD를 총량 보정함
- 총량을 보정한 결과 앞서 <표 2- 42>에서 제시한 정산율에 비하여 정산율이 크게 향상됨을 확인하였음
- 전체 정산율의 경우 17.21 (%)까지 상승하였으며, 특히 고속도로 3차로 이상 도로의 정산율은 3.70 (%)에서 39.25 (%)까지 상승하였음
- 따라서 상대적으로 내비게이션 자료에서 장거리 통행의 포착율이 극히 낮음을 추측할 수 있음
- 반대로 다차로 하위등급의 경우 상대적으로 다차로 상위 등급에 비하여 정산율이 높게 나타났음
- 결과적으로 내비게이션 자료가 개별 기종점 쌍의 통행 패턴에 대한 정보를 보여주지만, OD로서 신뢰성 있는 수요패턴 자료가 되기 위해서는 통행 총량을 정확히 계산하는 것이 매우 중요하며, 정확한 표본율과 정교한 전수화 기술 없이는 내비게이션 자료의 직접 전수화는 쉽지 않음을 확인함

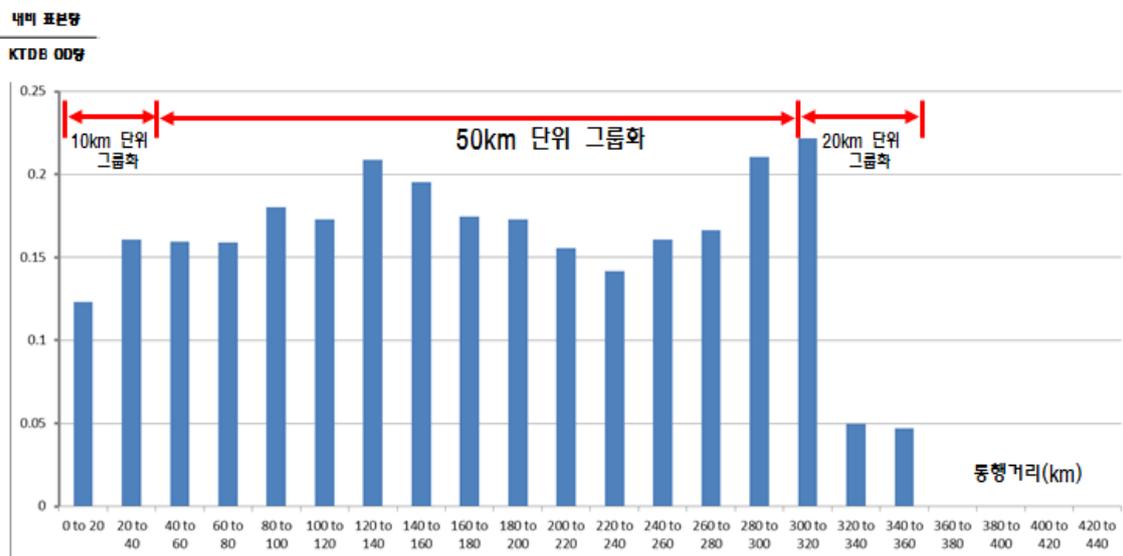
<표 2- 43> 평균기법을 이용한 도로유형별 정산율 (% , 총량 보정)

| 도로유형 | 전체 | | VDF | 도시부 | | VDF | 지방부 | |
|-------------------|-------|-------|-----|-------|-------|-----|-------|-------|
| | KTDB | Navi | | KTDB | Navi | | KTDB | Navi |
| 고속도로 | 67.85 | 15.7 | 1 | 68.7 | 15.7 | 2 | 67.0 | 15.7 |
| | 70.1 | 39.25 | 3 | 63.3 | 40.0 | 4 | 76.9 | 38.5 |
| 다차로 도로 상위등급 | 16.65 | 10.35 | 9 | 18.5 | 8.4 | 10 | 14.8 | 12.3 |
| | 21.2 | 16.3 | 11 | 27.8 | 20.4 | 12 | 14.6 | 12.2 |
| | 19.75 | 13.45 | 13 | 21.8 | 12.8 | 14 | 17.7 | 14.1 |
| | 31.9 | 18.55 | 15 | 36.2 | 17.4 | 16 | 27.6 | 19.7 |
| | 16.6 | 12.15 | 17 | 18.4 | 8.0 | 18 | 14.8 | 16.3 |
| | 31.3 | 19.55 | 19 | 25.9 | 23.7 | 20 | 36.7 | 15.4 |
| 다차로 도로 하위등급 | 20.0 | 13.7 | 21 | 18.3 | 8.5 | 22 | 21.7 | 18.9 |
| | 37.45 | 18.9 | 23 | 32.1 | 20.8 | 24 | 42.8 | 17.0 |
| | 7.55 | 18.2 | 25 | 8.7 | 13.0 | 26 | 6.4 | 23.4 |
| | 36.2 | 20.55 | 27 | 35.8 | 17.9 | 28 | 36.6 | 23.2 |
| | 4.15 | 4.15 | 29 | 8.3 | 8.3 | 30 | 0 | 0 |
| 평균 | 33.3 | 20.15 | 31 | 33.3 | 30.8 | 32 | 33.3 | 9.5 |
| 평균 | 29.57 | 17.21 | - | 29.79 | 17.55 | - | 29.35 | 16.87 |

나. 통행거리 그룹별 자료비율을 이용한 전수화 결과

1) 통행거리 별 표본율을 고려한 전수화 OD 구성

- 앞서 분석에서 나타난 바와 같이 교통량의 총량을 정확히 추정하는 것이 현실의 관측교통량을 재현하는 정산율 과정에서 매우 중요함을 확인함
- 따라서 좀 더 정교한 OD 전수화를 위해 앞선 분석에서 나타난 결과, 즉 장거리 통행 등 통행 거리가 내비자료의 수집율에 영향을 미친다는 가정 하에 통행거리 구간별로 개별적으로 KTDB OD의 총량을 보전하여 OD를 전수화하고 정산율을 계산하였음
- 먼저, 통행거리 구간별 KTDB OD의 총량을 보존하도록 내비게이션 표본 OD를 독립적으로 전수하였음
- 이에 따라, 본 연구의 방안으로는 내비게이션의 기종점 쌍을 통행거리 별로 0~50km 구간은 10km 단위로, 50~300km 구간은 50km 단위로 이후, 300~ 360km 구간은 20km 단위로, 360 이상 단위로 구분하여 표본율을 추정 후 OD를 전수화 하였음



<그림 2- 60> 내비게이션 표본 OD 통행거리 그룹별 전수화 방안

- 본 연구에서 표본율 추정 시 특정 기간 집계된 내비게이션 표본 OD를 사용하였기에 대표성을 갖는데 일부 한계가 존재하나, 현재로서는 이러한 한계점을 감안하고 향후 전수화에 가까운 표본 OD를 수집할 수 있을 경우 보다 신뢰성 있는 표본율 추정이 가능할 것으로 판단됨

- 현재 분석에 활용한 내비게이션 표본 OD를 KTDB OD와 비교하여 통행거리 구간별 표본율을 추정한 결과는 다음 <표 2- 44>와 같음
- 분석 결과, 예상한바 같이 통행거리 별 표본율의 차이를 보였으며, 약 4.9~ 22.2% 표본율이 나타났음

<표 2- 44> 내비게이션 표본 OD의 통행거리 구간 별 표본율 추정

| 통행거리(km) | KTDB OD 통행량 | 내비 표본OD 통행량 | 표본율 |
|----------|-------------|-------------|-------|
| 0-10 | 10,380,363 | 1,174,503 | 11.3% |
| 10-20 | 4,227,437 | 622,622 | 14.7% |
| 20-30 | 1,873,456 | 302,333 | 16.1% |
| 30-40 | 911,107 | 145,415 | 16.0% |
| 40-50 | 478,568 | 73,295 | 15.3% |
| 50-100 | 919,331 | 153,420 | 16.7% |
| 100-150 | 224,499 | 42,316 | 18.8% |
| 150-200 | 123,778 | 22,012 | 17.8% |
| 200-250 | 57,839 | 8,785 | 15.2% |
| 250-300 | 5,941 | 979 | 16.5% |
| 300-320 | 185 | 41 | 22.2% |
| 320-360 | 82 | 4 | 4.9% |
| 360~ | 8 | 0 | - |

- 이렇게 내비게이션 표본 OD와 KTDB OD의 통행거리 별 기종점 통행량을 비교하여 각 구간 별 표본율을 추정 후, 이를 활용하여 내비게이션 전수화 OD를 구성하였음
- 전수화 된 내비게이션 OD는 KTDB 승용차 OD 총량을 맞췄으며, KTDB OD와 비교하였을 때 통행분포 적인 측면에서 각 기종점의 통행분포량의 차이가 나타나게 됨

2) 통행거리 별 표본율을 고려한 전수화 OD 신뢰성 검토

- 통행거리 별 표본율을 기반으로 전수화 된 내비게이션 OD의 신뢰성을 검토하기 위해 앞서 평균기법을 이용한 표본OD 검토 방법과 같이 EMME/3를 통한 통행배정을 하여 관측교통량의 정산율을 검토하였음
- 관측교통량을 기준으로 하며 비교 대상은 KTDB OD를 통행배정한 정산 결과와 비교하였으며, 분석 결과는 다음 <표 2- 45>와 같음
- 분석결과, 통행거리 별 전수화를 통해 앞서 평균기법의 도로유형 정산율에 비해 상대적으로 향상된 것을 확인할 수 있음

- 도로 유형 별 정산율은 전체 약 24.1%로 분석 되었으며, 도시부, 지방부의 도로 유형별 정산율이 향상된 것을 확인할 수 있음
- 특히 고속도로의 경우 KTDB의 장거리 통행량 총량을 보존하도록 제약조건을 부과한 후 내비게이션 표본 OD를 전수화 한 결과 현재의 KTDB에 비하여 상당히 정산율이 높아지는 결과를 얻게 됨
- 이를 도시부와 지방부로 구분하여 분석하면 도시부 고속도로의 경우 KTDB OD에 비하여 정산율이 낮았으나 지방부 고속도로가 크게 정산율이 향상되는 결과를 나타내어 지역간 장거리 통행에서 총량을 보존할 경우 내비게이션 표본 OD가 포함하고 있는 공간적 통행분포가 현재 KTDB OD를 개선할 수 있을 것으로 판단됨
- 그러나 다차로 도로의 경우 전반적으로 KTDB OD의 관측교통량 재현율이 더 나은 것으로 나타나 향후 이를 개선할 수 있는 방법론 개발이 필요함
- 그러나 전반적으로는 총량의 정확한 추정이 이루어지는 경우, 즉, 표본율의 정확한 추정이 이루어지고 전체 표본을 효과적으로 그룹화 할 경우 내비게이션 표본을 이용한 OD 구축도 가능할 것으로 판단됨

<표 2- 45> 통행거리 별 전수화OD를 이용한 도로유형별 정산율

〈단위: %〉

| 도로 유형 | 전체 | | VDF | 도시부 | | VDF | 지방부 | |
|--------------|-------|-------|-----|-------|-------|-----|-------|--------|
| | KTDB | Navi | | KTDB | Navi | | KTDB | Navi |
| 고속 도로 | 67.85 | 69.00 | 1 | 68.70 | 58.30 | 2 | 67.00 | 79.70 |
| | 70.10 | 79.15 | 3 | 63.30 | 58.30 | 4 | 76.90 | 100.00 |
| 다차로 도로 상위 등급 | 16.65 | 11.55 | 9 | 18.50 | 10.10 | 10 | 14.80 | 13.00 |
| | 21.20 | 20.25 | 11 | 27.80 | 25.90 | 12 | 14.60 | 14.60 |
| | 19.75 | 12.05 | 13 | 21.80 | 14.70 | 14 | 17.70 | 9.40 |
| | 31.90 | 21.70 | 15 | 36.20 | 21.40 | 16 | 27.60 | 22.00 |
| | 16.60 | 8.80 | 17 | 18.40 | 5.70 | 18 | 14.80 | 11.90 |
| | 31.30 | 22.25 | 19 | 25.90 | 18.50 | 20 | 36.70 | 26.00 |
| 다차로 도로 하위 등급 | 20.00 | 12.85 | 21 | 18.30 | 12.20 | 22 | 21.70 | 13.50 |
| | 37.45 | 18.60 | 23 | 32.10 | 17.40 | 24 | 42.80 | 19.80 |
| | 7.55 | 7.55 | 25 | 8.70 | 8.70 | 26 | 6.40 | 6.40 |
| | 36.20 | 22.80 | 27 | 35.80 | 26.80 | 28 | 36.60 | 18.80 |
| | 4.15 | 5.00 | 29 | 8.30 | 0.00 | 30 | 0.00 | 10.00 |
| | 33.30 | 25.85 | 31 | 33.30 | 23.10 | 32 | 33.30 | 28.60 |
| 평균 | 29.57 | 24.10 | - | 29.79 | 21.51 | - | 29.35 | 26.69 |

4. OD 추정 모형 입력자료 구축 및 검증

가. KTDB 추정 대상 기종점 쌍 선정

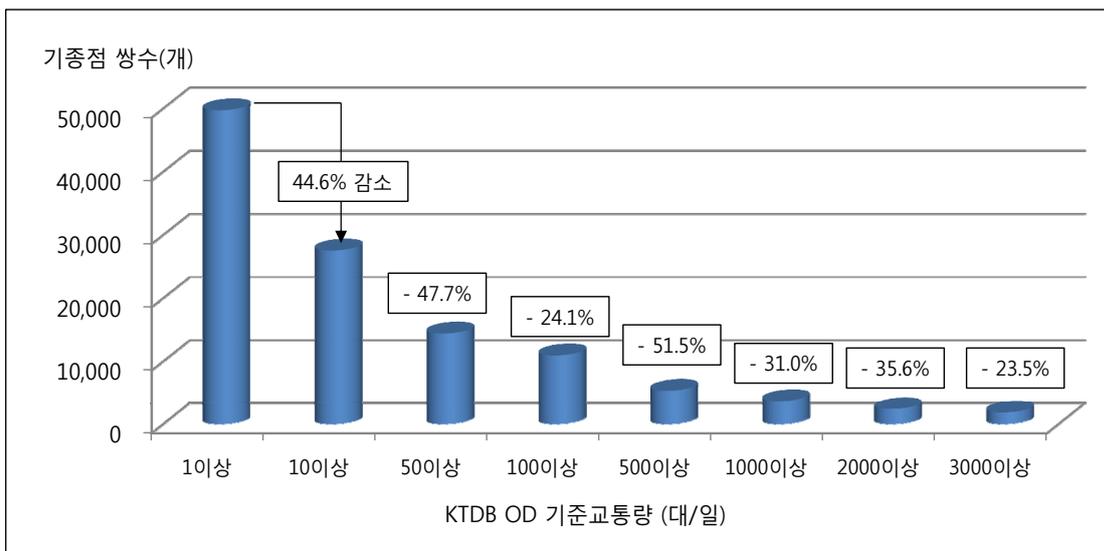
1) 추정대상 기종점 선정 방법론

- 본 연구에서 개발된 OD 추정 모형을 실제 적용하기 위해서는 추정 대상이 되는 기종점 쌍 선정이 필요한데 이를 위해서는 몇 가지 선정 기준이 고려되어야 함
- 첫 번째로 KTDB OD 교통량이 일정 수준 이상이 되어야 OD 추정모형을 통한 교통량 추정이 가능하므로 KTDB OD 교통량의 최소규모가 고려되어야 함
- 어느 정도 교통량이 존재해야 신뢰성 있는 추정이 가능한지에 대한 기준은 없으나, 내비게이션 자료를 이용하는 모형을 특성을 고려할 때 내비게이션 자료의 표본수를 어느 정도 확보 가능한 기종점이 분석 대상이 되어야 함
- 즉 내비게이션 자료가 최소 평일 기준 1일 10~25개 이상 확보가 가능한 KTDB 기종점 쌍이 신뢰성 있는 추정이 가능한 OD 쌍이라 할 수 있음
- 현재 내비게이션 자료의 표본율이 개략적으로 0.5(%) 수준임을 가정할 때 내비게이션 자료가 10개 추출될 수 있는 KTDB OD 교통량은 승용차 기준 2,000(대/일)이며, 25개가 확보 가능한 교통량 수준은 5,000(대/일)임
- 두 번째 기준은 각 존별로 최소 숫자의 기종점 쌍은 포함되어야 한다는 것임
- 예를 들어 지방부 일부 존들의 경우 5,000 (대/일) 기준을 적용할 경우 해당 존에서 발생·도착하는 기종점 쌍 중 추정 대상이 되는 기종점 쌍이 하나도 선정되지 못하는 문제가 발생할 수 있음
- 따라서 존별로 최소 숫자의 추정대상 기종점을 확보하기 위해서는 지역별로 추정대상 기종점 선정 교통량 기준을 다르게 적용해야 할 필요가 있음
- 마지막으로 추정 대상 기종점 쌍으로 선정된 KTDB 기종점 쌍의 경우 최소한의 내비게이션 표본을 확보하고 있어야 함
- 현재 KTDB OD 승용차 교통량이 1,000 (대/일) 이상인 기종점 쌍을 선정 대상으로 하면 총 3,659개의 기종점 쌍이 선정되는 반면, 내비게이션 표본 OD의 경우 표본수가 30개 이상인 기종점 쌍이 8,265개에 달해 KTDB 교통량 기준을 통해 선정되는 기종점 쌍들의 경우 평균적으로는 30개 이상의 내비게이션 표본이 존재함

- 그러나 최종적으로 선정되는 KTDB OD쌍에 대해서는 개별적으로 각각 충분한 숫자의 내비게이션 표본이 존재하는지를 다시 확인하였음
- 그러나 무엇보다도 중요한 것은 최종적으로 선정대상 기종점 쌍이 전체 KTDB 기종점 교통량 중에서 어느 정도를 총량 기준으로 설명할 수 있는가 임
- 이상의 기준들을 모두 종합적으로 고려하여 KTDB OD 추정 대상 기종점 쌍을 선정하였음

2) 추정대상 기종점 선정을 위한 기초분석

- 추정대상 기종점 쌍의 선정을 위해 먼저 기점과 종점 기준으로 KTDB 승용차 교통량 기준으로 어느 정도의 기종점 쌍이 추정 대상에 해당되는지를 분석하였음
- 분석 기준 교통량은 <그림 2-61>과 같이 1, 10, 50, 100, 500, 1000, 2000, 3000으로 설정하였음
- <그림 2- 61>에 따르면 KTDB OD는 승용차 교통량 기준 1~10 사이의 교통량을 갖는 기종점 쌍이 전체의 절반에 가까운 것으로 나타났으며, 10에서 50으로 선정 기준을 증가시킬 경우에도 47.7(%)의 기종점이 제외되는 것으로 나타남
- 기준 교통량 증가에 따른 추정 대상 기종점 쌍 감소패턴은 기준교통량이 1,000 이상이 되면 평균 30 (%) 이하로 감소하는 것으로 나타남

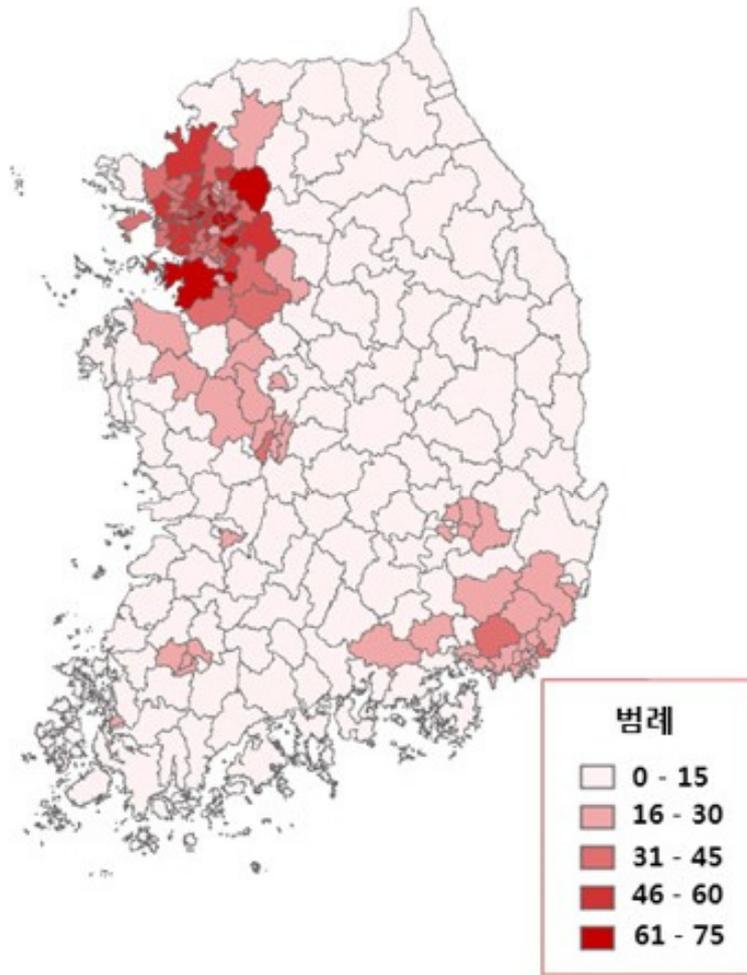


<그림 2- 61> KTDB 교통량 기준에 따른 추정대상 기종점 쌍 수

- 다음으로 <표 2- 46>에서는 기준 교통량 증가에 따른 존 별 기종점 쌍수 잔존율을 분석하였음
- 존 별 평균 잔존율의 경우 기종점 집계 기준에 따라 차이가 미세하게 있으나, 500 (대/일) 이상을 적용할 경우 평균 50%정도의 기종점 쌍은 추정대상으로 포함되는 것으로 나타났으며, 3,000 (대/일)로 기준을 상향하면 18.1 (%)만이 잔존하는 것으로 나타남
- 가장 잔존율이 낮은 존을 기준으로 보면 기준교통량이 1,000 이상이 되면 전체 기종점 쌍 중 1% 이하가 잔존하는 경우도 있어, 이러한 존의 경우 출도착하는 대부분의 기종점 쌍이 교통량 1,000 (대/일) 미만임
- 앞서 설명한 바와 같이 추정대상 기종점 쌍의 선정에서는 각 존별로 최소한의 기종점 쌍이 대상에 포함되어야 함
- 시군구 존 체계에서 교통량 500 (대/일)과 2,000 (대/일) 각각의 경우 어느 정도의 기종점 쌍이 추정 대상으로 포착되는지를 분석하였음

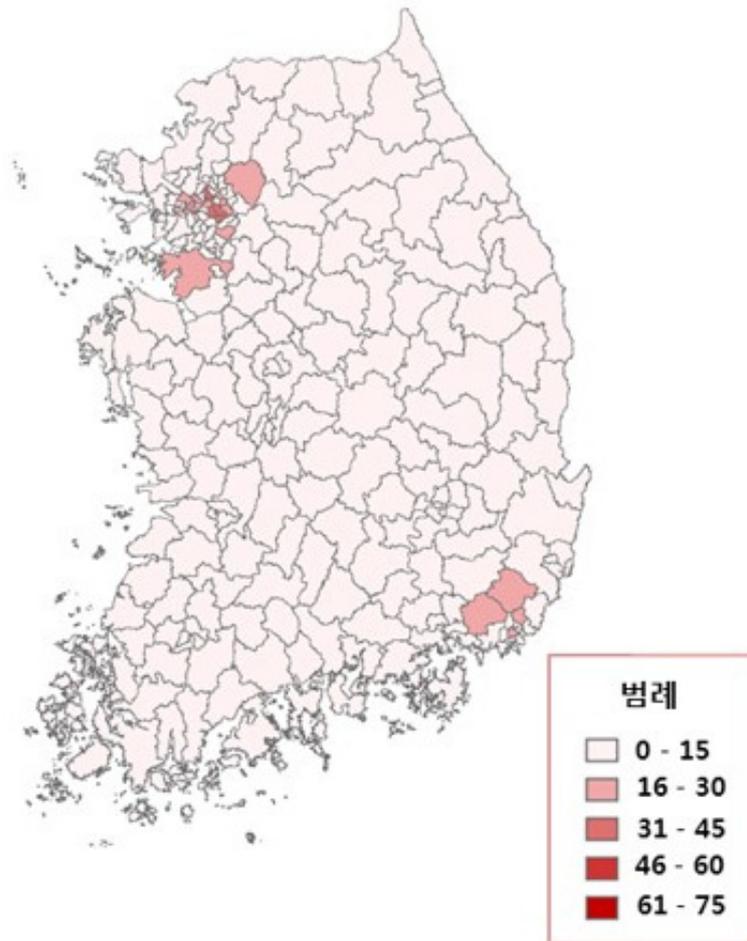
<표 2- 46> KTDB 교통량 기준 증가에 따른 존 기종점 쌍수 잔존율 분석

| 기준교통량 | 기점 기준 | | | 종점 기준 | | |
|----------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| | 평균 | 최고 | 최저 | 평균 | 최고 | 최저 |
| 10이상 | 53.7% | 87.6% | 11.7% | 53.7 | 86.4 | 13.4 |
| 50이상 | 28.7% | 74.7% | 2.3% | 28.5 | 71.7 | 2.4 |
| 100 이상 | 22.0% | 73.7% | 1.9% | 21.9 | 70.7 | 1.9 |
| 500 이상 | 11.0% | 50.5% | 1.0% | 11.0 | 49.5 | 1.0 |
| 1,000 이상 | 7.9% | 41.4% | 0.5% | 7.8 | 37.4 | 0.4 |
| 2,000 이상 | 5.4% | 21.2% | 0.4% | 5.4 | 21.3 | 0.4 |
| 3,000 이상 | 4.3% | 18.1% | 0.4% | 4.3 | 17.5 | 0.4 |



<그림 2- 62> KTDB 교통량 500(대/일) 기준 존별 추정대상 기종점 쌍 수 분포

- <그림 2- 62>와 <그림 2- 63>을 비교하면 도시지역과 지방지역에서 동일한 교통량 기준을 적용해 추정대상 KTDB 기종점 쌍을 선정하는 것은 비현실적임을 확인할 수 있음
- 500 (대/일)의 경우 도시지역과 지방 모두 일정 기종점 쌍 이상 확보 되나 도시지역과 지방의 차이가 명확히 나타남 , 반면 3,000 (대/일)의 경우 도시지역을 제외한 나머지 지역에서는 추정대상 기종점 쌍이 거의 남아있지 않음을 확인할 수 있음
- 개별 존의 기종점 쌍 숫자가 기준 교통량 증가에 따라 변화하는 비율을 검토하여 크게 광역 대도시권과 기타지역으로 존을 나누어 서로 다른 선정 기준을 적용하였음
- 분석에 따르면 서울, 부산, 대구, 인천, 광주, 대전, 울산, 경기를 광역 대도시권으로 분류하였으며, 나머지 지역은 지방권으로 정의하였는데 단 경기도의 여주, 연천, 가평, 양평군의 경우 지방부와 감소특성이 유사하여 지방부의 기준을 적용하였음



<그림 2- 63> KTDB 교통량 3000(대/일) 기준 존별 추정대상 기종점 쌍 수 분포

<표 2- 47> KTDB 기준교통량에 따른 광역도시권과 지방권 기종점 쌍 분석

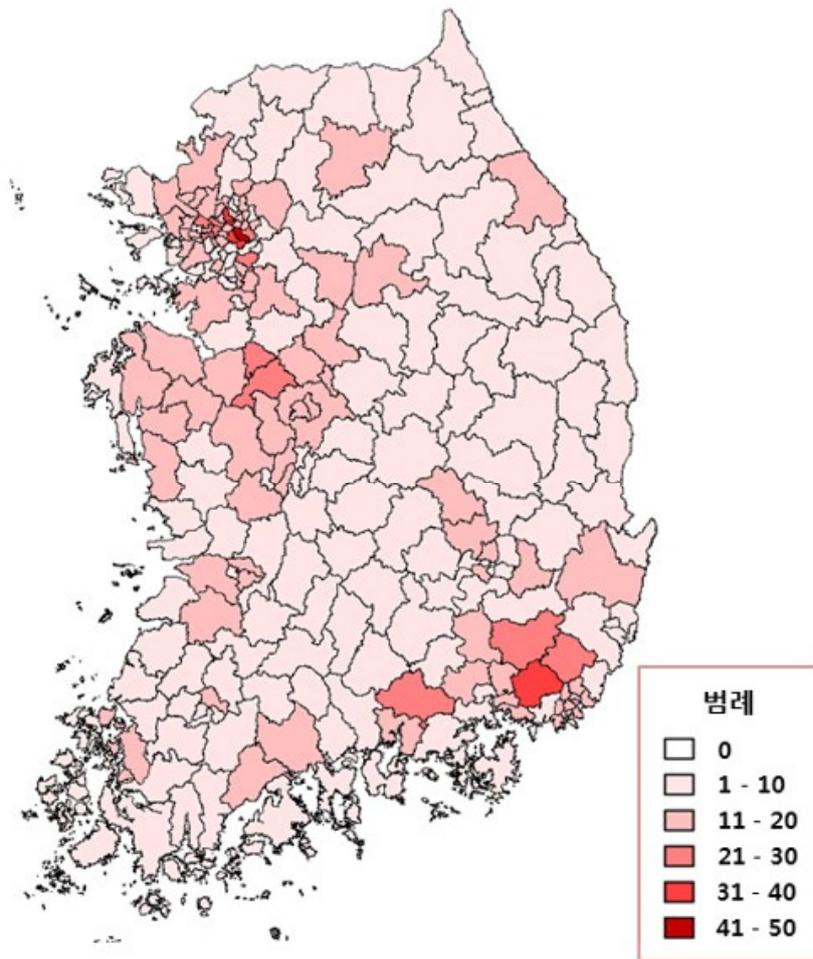
| 기준교통량 | 기점 기준 | | | | 종점 기준 | | | |
|----------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|------|
| | 평균 | | 최고 | | 평균 | | 최고 | |
| | 광역도시 | 지방 | 광역도시 | 지방 | 광역도시 | 지방 | 광역도시 | 지방 |
| 1 이상 | 212.8 | 189.8 | 36.6 | 47.6 | 212.8 | 189.8 | 34.6 | 44.5 |
| 10 이상 | 129.7 | 95.0 | 42.3 | 46.5 | 130.6 | 94.2 | 42.0 | 45.5 |
| 50 이상 | 78.7 | 40.4 | 24.8 | 25.0 | 79.6 | 39.7 | 25.4 | 24.5 |
| 100 이상 | 64.0 | 27.0 | 21.3 | 17.1 | 64.5 | 26.6 | 22.0 | 16.7 |
| 500 이상 | 35.4 | 9.5 | 16.3 | 6.0 | 35.3 | 9.5 | 16.0 | 6.0 |
| 1,000 이상 | 24.6 | 6.4 | 12.7 | 4.6 | 24.6 | 6.4 | 12.5 | 4.6 |
| 2,000 이상 | 15.8 | 4.1 | 8.6 | 3.0 | 15.7 | 4.2 | 8.5 | 3.0 |
| 3,000 이상 | 11.9 | 3.3 | 6.7 | 2.5 | 11.9 | 3.4 | 6.4 | 2.5 |

- 기점기준과 종점기준의 분석결과에 큰 차이가 없어 기점집계 기준으로만 설명하면, 500 (대/일)을 적용할 경우 광역 도시권의 존별 평균 기종점 쌍수는 35.4개, 표준편차는 16.3개이며 지방권의 기종점 쌍 수는 9.5개 표준편차는 6.0개임
- 2,000 (대/일)을 적용할 경우 광역 도시권의 존별 평균 기종점 쌍수는 15.8개, 표준편차는 8.6개이며 지방권의 기종점 쌍 수는 4.1개 표준편차는 3.0개임
- 분석결과 지방권은 1,000 (대/일) 이상을 적용할 경우 평균 6.4, 표준편차 4.6으로서 평균 기종점 쌍의 숫자가 너무 과소한 존이 많아 이 이상의 기준교통량 적용이 어렵다고 판단됨
- 따라서 지방권의 경우 500 이상의 기종점 교통량이 포함되어 있는 기종점 쌍을 추정대상으로 포함시키는 것으로 결정함
- 지방권과 유사한 수준의 평균과 표준편차를 갖는 광역 도시권 교통량 기준을 보면 기준교통량이 3,000 이상일 때 평균이 11.9, 표준편차가 6.7로서 지방권의 500 이상일 때의 값 평균 9.5, 표준편차 6.0과 유사한 수치가 나타남
- 표준 편차의 감소를 고려하더라도 지방권의 경우 500 이상에서는 10이하의 유사한 값을 갖게 되어 존간 동질성이 높아지며, 광역도시권의 경우 2,000 이상에서는 10이하의 표준편차가 나타나 존간 유사성이 높아지는 것으로 분석되었음
- 다음으로는 기준교통량별로 KTDB OD와 내비게이션 표본 OD 간의 관계가 어떻게 나타나는지를 분석하였음

<표 2- 48> 기준교통량 별 KTDB OD 및 내비 표본 OD 관계 분석

| 구분 | KTDB | 내비 | 일치 기종점 쌍수 | 불일치 기종점 쌍수 | 존내 + 존외 | | | | 존간 | | | |
|---------|--------|--------|-----------|------------|------------|--------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|------------|---------|
| | | | | | 해당KTDB 교통량 | 비율 | 일치된 KTDB 교통량 | 일치된 KTDB 교통량 비율 | 일치된 KTDB 교통량 | 일치된 KTDB 교통량 비율 | 해당KTDB 교통량 | 비율 |
| 단순 비교 | 60,371 | 41,567 | 40,586 | 981 | 53,929,051 | 100.0% | 53,803,351 | 99.77% | 24,524,162 | 99.49% | 24,649,862 | 100.00% |
| 1이상 | 49,695 | 41,567 | 37,878 | 3,689 | 53,924,782 | 99.99% | 53,685,292 | 99.55% | 24,406,103 | 99.01% | 24,645,593 | 99.98% |
| 5이상 | 34,923 | 20,327 | 19,000 | 1,327 | 53,885,399 | 99.92% | 53,391,738 | 99.00% | 24,112,549 | 97.82% | 24,606,210 | 99.82% |
| 10이상 | 27,516 | 14,330 | 13,559 | 771 | 53,832,317 | 99.82% | 53,059,031 | 98.39% | 23,779,842 | 96.47% | 24,553,128 | 99.61% |
| 20이상 | 20,918 | 10,274 | 9,875 | 399 | 53,738,604 | 99.65% | 52,525,723 | 97.40% | 23,246,534 | 94.31% | 24,459,415 | 99.23% |
| 30이상 | 17,633 | 8,265 | 8,017 | 248 | 53,657,771 | 99.50% | 52,034,693 | 96.49% | 22,755,505 | 92.31% | 24,378,582 | 98.90% |
| 50이상 | 14,391 | 6,189 | 6,080 | 109 | 53,532,998 | 99.27% | 51,190,168 | 94.92% | 21,910,979 | 88.89% | 24,253,809 | 98.39% |
| 100이상 | 10,922 | 3,983 | 3,941 | 42 | 53,286,265 | 98.81% | 49,608,759 | 91.99% | 20,363,752 | 82.61% | 24,007,076 | 97.39% |
| 200이상 | 8,307 | 2,434 | 2,425 | 9 | 52,913,840 | 98.12% | 47,228,698 | 87.58% | 18,058,159 | 73.26% | 23,634,651 | 95.88% |
| 300이상 | 6,887 | 1,853 | 1,849 | 4 | 52,563,436 | 97.47% | 45,373,281 | 84.14% | 16,326,654 | 66.23% | 23,284,247 | 94.46% |
| 500이상 | 5,303 | 1,236 | 1,234 | 2 | 51,945,341 | 96.32% | 42,163,580 | 78.18% | 13,708,330 | 55.61% | 22,666,152 | 91.95% |
| 1,000이상 | 3,659 | 706 | 704 | 2 | 50,779,354 | 94.16% | 37,871,853 | 70.23% | 10,141,996 | 41.14% | 21,500,165 | 87.22% |
| 2,000이상 | 2,358 | 375 | 375 | 0 | 48,933,866 | 90.74% | 31,348,936 | 58.13% | 5,956,495 | 24.16% | 19,654,677 | 79.74% |
| 3,000이상 | 1,804 | 253 | 253 | 0 | 47,574,326 | 88.22% | 27,634,695 | 51.24% | 3,566,658 | 14.47% | 18,295,137 | 74.22% |

- <표 2- 48>을 보면 교통량이 존재하는 기종점 쌍의 숫자는 KTDB가 60,371개, 내비게이션 표본 OD가 47,567개로서 KTDB OD의 기종점 쌍 숫자가 더 많음을 확인할 수 있음
- 그러나 교통량과 표본수의 증가에 따라 포함되는 기종점 쌍의 숫자는 꾸준히 감소하는데, 예를 들어 광역도시권 3,000, 지방권 500을 적용하였을 때 포함되는 기종점 쌍이 개략 1,358+1,269로서 2,627개임을 고려하면, KTDB OD 교통량은 이와 같은 규모의 기종점 쌍을 포함하기 위해서는 1,500~2,000 (대/일)의 기준교통량이 필요하며 이는 앞선 분석의 결과와 유사함
- 이 경우 2,600여개의 기종점 쌍을 고려하면 내비게이션 표본 수 기준으로는 100~200개의 표본이 존재하는 기종점 쌍들이 해당되므로 KTDB에서 2,000~ 3,000개 규모로 기종점 쌍을 추정대상으로 선정할 경우 해당 기종점 쌍들은 평균적으로는 분석에 필요한 내비게이션표본을 충분히 확보할 수 있을 것으로 나타남
- 이 경우 어느 정도의 총 통행수요가 추정 대상이 되는지를 분석해보면 존 내와 존 간을 모두 포함하면 기준교통량 1,500 이상의 경우 전체 KTDB 교통량의 92.3 (%)가 추정 대상에 포함되는데, 이 중 존간 교통량만을 고려하면 83.2 (%) 추정대상에 포함됨
- 즉 <표 2- 48>의 분석 결과를 보면 KTDB OD 쌍 총수는 6만개 이상이지만, 2~3,000개의 기종점 쌍 만으로도 80 (%) 수준의 교통량은 추정 대상에 포함된다는 것을 확인하였음
- 이상의 분석결과를 종합하여 본 과업에서는 광역도시권의 경우 KTDB OD 승용차 교통량 3,000(대/일)인 기종점 쌍을, 지방권의 경우 500 (대/일)인 기종점 쌍을 추정대상 기종점 쌍으로 선정함
- 이 기준으로 광역도시권과 지방권에 서로 다른 기준교통량을 적용해 분석한 결과 전체 KTDB OD 교통량의 88%가 추정대상 교통량에 포함되는 것으로 나타남
- 또, 각 존들은 평균적으로 11개의 기종점쌍을 포함하고 있으며, 전국적으로 이러한 기준을 적용했을 때 존별로 추정대상이 되는 기종점 쌍의 분포는 <그림 2- 64>와 같음
- 선정된 추정대상 기종점 쌍을 지역별로 검토하였을 때, 지역 간 통행이 많을 것으로 추정되는 도시 지역이 지방부에 비해 기종점 쌍을 다수 확보하고 있는 것을 확인할 수 있음



<그림 2- 64> 추정대상 KTDB OD 쌍 분포 (기점 기준)

나. OD 추정 모형 입력 자료 개요

- 본 연구에서 OD 교통량의 추정을 위해 사용하는 자료는 내비게이션 자료, 고속도로 TCS 자료 및 링크 관측교통량 자료임
- 내비게이션 자료의 경우 MN-Soft의 카 내비게이션 시스템 이용자들에 의하여 2014년 10월 1일로부터 2014년 10월 31일까지 수집되었으며, 총 자료의 크기는 19.7GB, 4억 6710만 통행을 포함하고 있음
- 본 연구에서는 내비게이션 자료를 표본 OD로 이용할 뿐만 아니라 R값과 H값 계산에 이용하여, 통행배정 모형을 이용하지 않고 OD 추정을 하는데 사용함
- TCS 자료의 경우 2014년 10월 1일부터 2014년 10월 31일 동안 평일 화·수·목 13일치 자료를 수집하여 평균값으로 계산된 OD임

- 주말 및 월요일과 금요일은 요일별 특성이 매우 상이하여 본 연구에서는 내비게이션 자료와 TCS 자료 모두 화, 수, 목요일 자료만을 수집하여 사용함
- 링크 관측 교통량은 건설기술연구원에서 2014년 10월에 수집된 자료를 이용하였음

| Raw Dataset | | | | | | | | | | |
|-------------|----------|-----|-----------------|-------------|------------|------------|-------|------|-----------|-------|
| ObsID | GroupNum | Seq | Date | Vlink | FLink | TLink | Speed | Type | Lev5Vlink | EndID |
| 1 | 1 | 1 | 2014-10-01 8:39 | 43851245701 | 3350015800 | 3350015400 | 27 | 1 | -1 | 35380 |
| 1 | 1 | 2 | 2014-10-01 8:39 | 43851553002 | 3350015800 | 3350015400 | 27 | 1 | -1 | 35380 |
| 1 | 1 | 3 | 2014-10-01 8:39 | 43851552202 | 3350015800 | 3350015400 | 27 | 1 | -1 | 35380 |
| 1 | 1 | 4 | 2014-10-01 8:39 | 43851552601 | 3350015800 | 3350015400 | 27 | 1 | -1 | 35380 |

<그림 2- 65> OD 추정 모형의 입력자료 형태 (내비게이션)

| 집계유지(PK) | 출발영역소코드(PK) | 도착영역소코드(PK) | 출발영역소명 | 도착영역소명 | 도착지방향1종교통량 | 도착지방향종교통량 | 출발지방향1종교통량 | 출발지방향종교통량 |
|----------|-------------|-------------|--------|--------|------------|-----------|------------|-----------|
| 20141001 | 101 | 101 | 서울 | 서울 | 28 | 32 | 28 | 32 |
| 20141001 | 101 | 102 | 서울 | 동수원 | 4325 | 5178 | 4284 | 5439 |
| 20141001 | 101 | 103 | 서울 | 수원 | 15643 | 19080 | 15803 | 19479 |
| 20141001 | 101 | 104 | 서울 | 지곡 | 23 | 25 | 28 | 33 |
| 20141001 | 101 | 105 | 서울 | 기흥 | 4047 | 4651 | 3644 | 4357 |
| 20141001 | 101 | 106 | 서울 | 오산 | 5896 | 7908 | 5329 | 7383 |
| 20141001 | 101 | 107 | 서울 | 안성 | 3778 | 4732 | 3508 | 4404 |
| 20141001 | 101 | 108 | 서울 | 한양 | 4882 | 5938 | 4673 | 5801 |
| 20141001 | 101 | 109 | 서울 | 계동 | 27 | 39 | 50 | 69 |
| 20141001 | 101 | 110 | 서울 | 목전 | 697 | 818 | 466 | 592 |
| 20141001 | 101 | 111 | 서울 | 정주 | 1033 | 1394 | 900 | 1263 |
| 20141001 | 101 | 112 | 서울 | 남양주 | 126 | 184 | 122 | 206 |
| 20141001 | 101 | 113 | 서울 | 신탄진 | 936 | 1118 | 835 | 1024 |
| 20141001 | 101 | 114 | 서울 | 남대천 | 18 | 23 | 33 | 39 |
| 20141001 | 101 | 115 | 서울 | 대전 | 690 | 873 | 662 | 822 |
| 20141001 | 101 | 116 | 서울 | 육천 | 70 | 85 | 103 | 203 |
| 20141001 | 101 | 117 | 서울 | 금강 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 20141001 | 101 | 118 | 서울 | 영동 | 27 | 30 | 22 | 26 |
| 20141001 | 101 | 119 | 서울 | 관암 | 67 | 73 | 68 | 76 |
| 20141001 | 101 | 120 | 서울 | 황간 | 14 | 18 | 16 | 21 |

<그림 2- 66> OD 추정 모형의 입력자료 형태 (TCS)

| v_link_id | road_rank | up_down | spot_id | spot_name | traffic_type | v_total_wd |
|-------------|-----------|---------|---------|-----------|--------------|------------|
| 74140013201 | 101 | 1 | 20_100 | 00101 | 20 | 29607 |
| 74140378101 | 101 | 2 | 20_100 | 00101 | 20 | 30071 |
| 74150218801 | 101 | 1 | 20_101 | 00103 | 20 | 33608 |
| 74150219201 | 101 | 2 | 20_101 | 00103 | 20 | 33177 |
| 74160181901 | 101 | 1 | 20_102 | 00104 | 20 | 30814 |
| 74160182501 | 101 | 2 | 20_102 | 00104 | 20 | 30242 |
| 74270006201 | 101 | 2 | 20_103 | 00105 | 20 | 28238 |

<그림 2- 67> OD 추정 모형의 입력자료 형태 (수시상시 관측교통량)

- 본 연구에서는 OD 추정을 위해 위의 그림과 같이 분석 데이터를 수집하였고, 분석에 활용 가능하도록 데이터를 가공하였음
- 그리고, 수집된 데이터 중 필요한 정보만 활용하였으며, 가공된 데이터는 데이터 오류 검토, 필터링 작업등을 통해 데이터를 보정하였음

다. 내비게이션 자료 필터링을 위한 궤적 분석

1) 분석 대상 기종점 선정

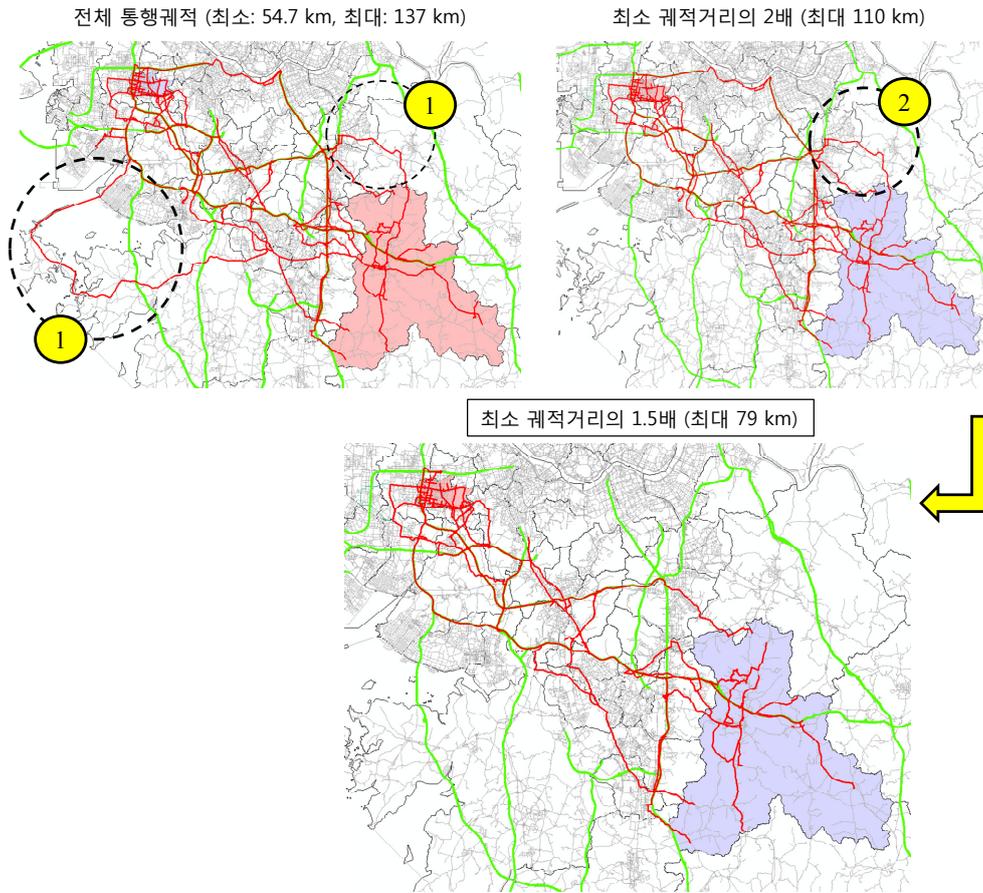
- 본 연구에서 사용하는 내비게이션 자료의 경우 기종점간의 최단경로 탐색 후 실제 경로를 안내 받는 동안 저장된 차량의 GPS 좌표 값을 통해 수집된 Raw data를 Level 6의 교통망과 Matching작업하여 얻어진 차량 궤적자료임
- Raw data를 궤적자료로 가공하는 과정에서 기계적 오류나 위성과의 통신장애등에 의해 손실된 자료들은 필터링하거나 단순 규칙 등을 통해 복원하여 사용하고 있으며, 고속도로 휴게소 등과 같이 일부 통행이 짧은 시간동안 특정 지점에서 정지하였다가 이어지는 경우 하나의 통행으로 판단하는 등의 단순 규칙을 통해 궤적자료를 만들
- 이렇게 만들어진 자료가 실제 기종점간의 통행 경로로서 합리적인지에 대한 검토나 필터링을 개별 차량 자료에 대하여 실시하지는 않았음
- 그러나 개별 차량 자료에 대한 경로 분석을 시행한 결과 Raw data를 직접 기종점 기준 필터링 없이 사용하는 경우 상당히 비현실적인 차량궤적들이 나타나는 것을 확인하였음
- Raw data의 통행 범위 특성 분석을 위하여 중거리 통행거리 기종점 4개쌍과 단거리 통행거리 기종점 쌍 8개쌍을 선정하였음
- 불합리한 차량 궤적을 필터링하기 위해서는 일반적인 차량의 통행거리에 비하여 불합리한 우회 거리를 갖는 차량 궤적의 제거가 필요함
- 그러나 본 연구의 기종점 준은 시군구 행정단위별로 정의되었기 때문에 지방부 준은 상당한 면적을 가지고 있어 합리적인 통행이라 하더라도 존내에서 출발하는 위치와 도착하는 위치에 따라 차량 궤적한 통행거리의 차이가 상당히 클 수 있음
- 각 통행거리 그룹별로 존의 크기가 미치는 영향을 고려하기 위하여 기종점 쌍을 <표 2-49>와 같이 도시부-도시부, 도시부-지방부, 지방부-지방부 세 유형으로 다시 구분하였음

<표 2- 49> 차량계적 필터링 분석을 위한 기종점 쌍 선정

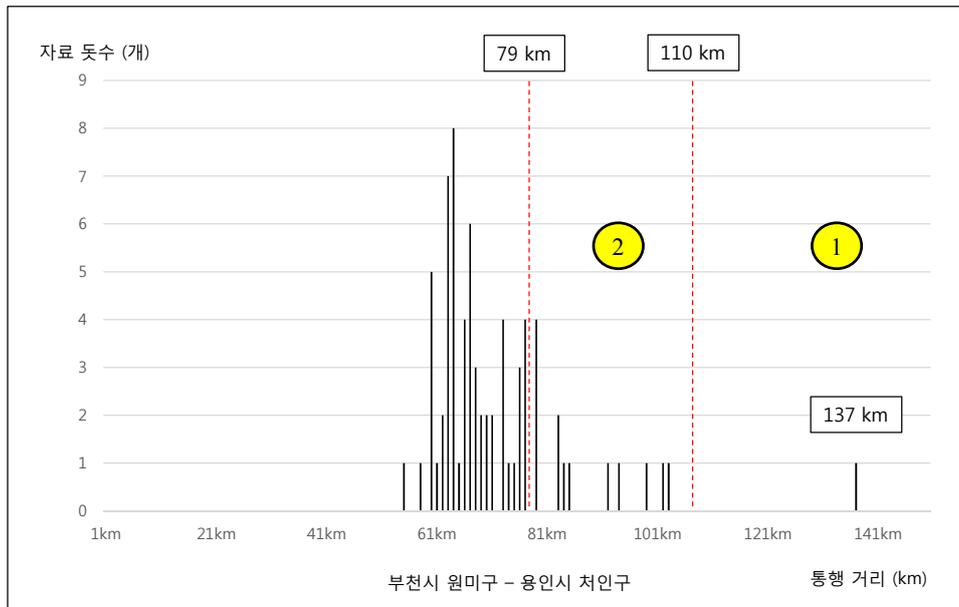
| 구분 | 중거리 | | 구분 | 단거리 | |
|-------|---------------|-----------|-------|--------------|---------|
| | 기종점 | 최단경로거리 | | 기종점 | 최단경로거리 |
| 도시-도시 | 31051-31191 | 54. 67km | 도시-도시 | 11020-11030 | 2. 0km |
| | 부천 원미구-용인 처인구 | | | 서울 중구-서울 용산구 | |
| 도시-지방 | 25030-34012 | 66. 95km | 도시-지방 | 25040-29010 | 5. 0km |
| | 대전 서구-천안 서북구 | | | 대전 유성구-세종시 | |
| 지방-지방 | 32030-32010 | 144. 64km | 지방-지방 | 34040-34370 | 2. 88km |
| | 강릉시-춘천시 | | | 아산시-예산군 | |
| 지방-도시 | 36020-24050 | 118. 05km | 지방-도시 | 37390-22050 | 3. 0km |
| | 여주시-광주 광산구 | | | 철곡군-대구 북구 | |

2) 중거리 통행

- 첫 번째 기종점 쌍은 중거리에 해당하는 부천시 원미구에서 용인시 처인구로 진행되는 통행 기종점 쌍으로서, 전체 궤적의 숫자는 총 72개이고 최소통행거리 궤적은 54.7 km, 최장 통행거리는 137 km임
- <그림 2- 68>에서 제시한바와 같이 모든 궤적들을 포함시킬 경우 기종점간의 합리적인 통행 영역을 벗어나는 우회 궤적들이 확인됨
- 110 km를 기준으로 필터링을 실시한 결과 <그림 2- 69>의 ① 영역에 표시된 우회 궤적들이 삭제되었음
- 그러나 110km 이상 궤적 삭제 후에도 ②와 같이 필요 없는 우회 궤적들이 나타나는데, 이러한 궤적들은 우회 구간 상에서 다른 활동에 참여하거나, 동행자를 배웅하거나 탑승시키기 위한 통행 등의 이유로 판단됨
- 최종적으로 79km를 기준으로 필터링을 실시한 경우 최소거리와 최대거리 간 비율은 1.45였으며, 총 72개의 궤적 중 10개 궤적이 삭제되어 궤적자료의 잔존율은 86.11(%)로 나타남

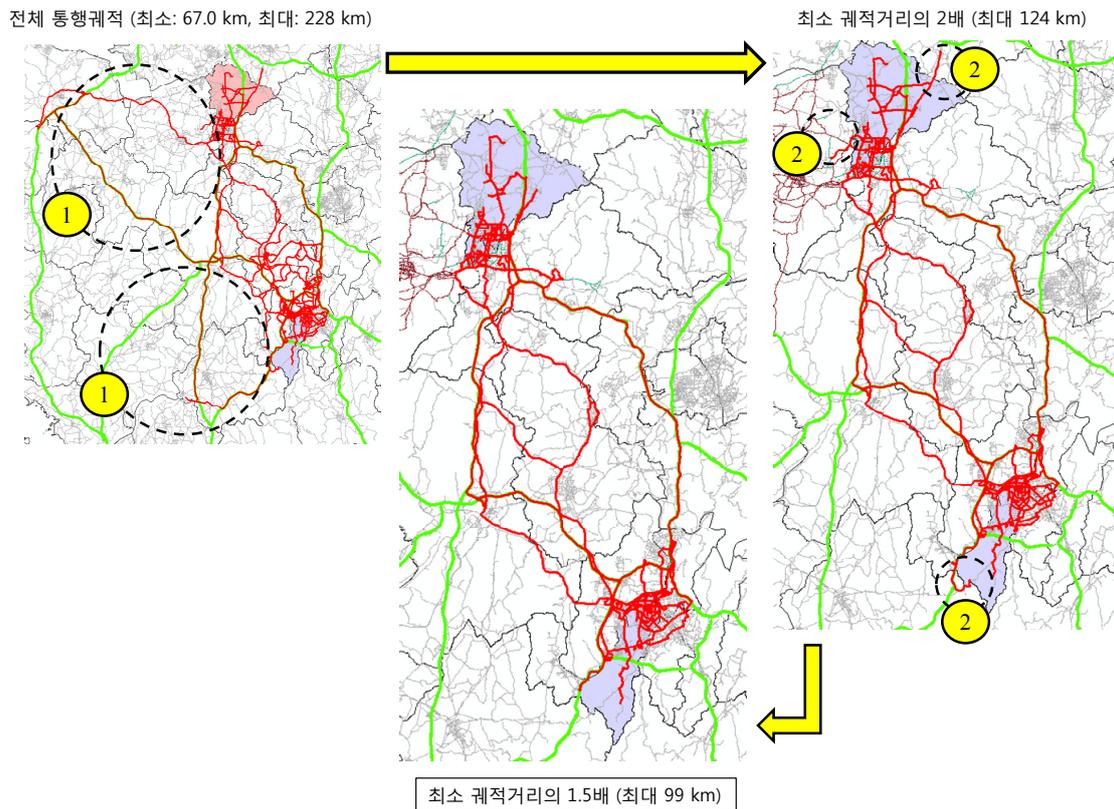


<그림 2- 68> 부천시 원미구-용인시 처인구 통행궤적 분석



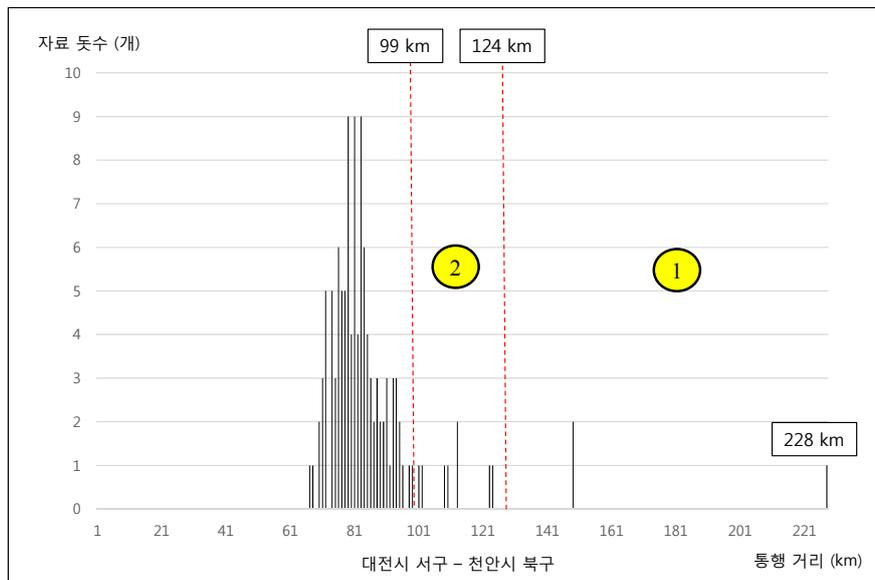
<그림 2- 69> 부천시 원미구-용인시 처인구 통행궤적 TLFD 필터링 결과

- <그림 2- 68> 부천시 원미구-용인시 처인구간 궤적 통행거리 분포의 필터링 과정으로서, 79km 까지 필터링을 진행할 경우 최빈값을 기준으로 극단적인 편기 값들이 상당히 제거됨을 확인할 수 있음
- 다만 제거된 표본들 중 81 km 통행거리 표본들의 경우 동일 통행거리 해당 표본이 4개 존재하는 점은 향후 상세한 검토가 필요함
- 단거리 구간의 두 번째 분석 대상 기종점 쌍은 <그림 2- 70>에서 제시한 대전시 서구에서 천안시 북구로 진행되는 통행임
- 이 기종점 쌍은 도시부에서 지방부로 진행되는 통행으로 정의되었으며, 궤적 표본의 최소 통행거리는 66.95 km이고 최장거리 표본의 통행거리는 228 km, 총 표본수는 119개 었음
- <그림 2- 70>에서 보는 바와 같이 전체 통행궤적을 확인한 결과 기종점간 통행으로 판단할 수 없는 우회거리가 매우 긴 ①과 같은 표본들이 존재하였음



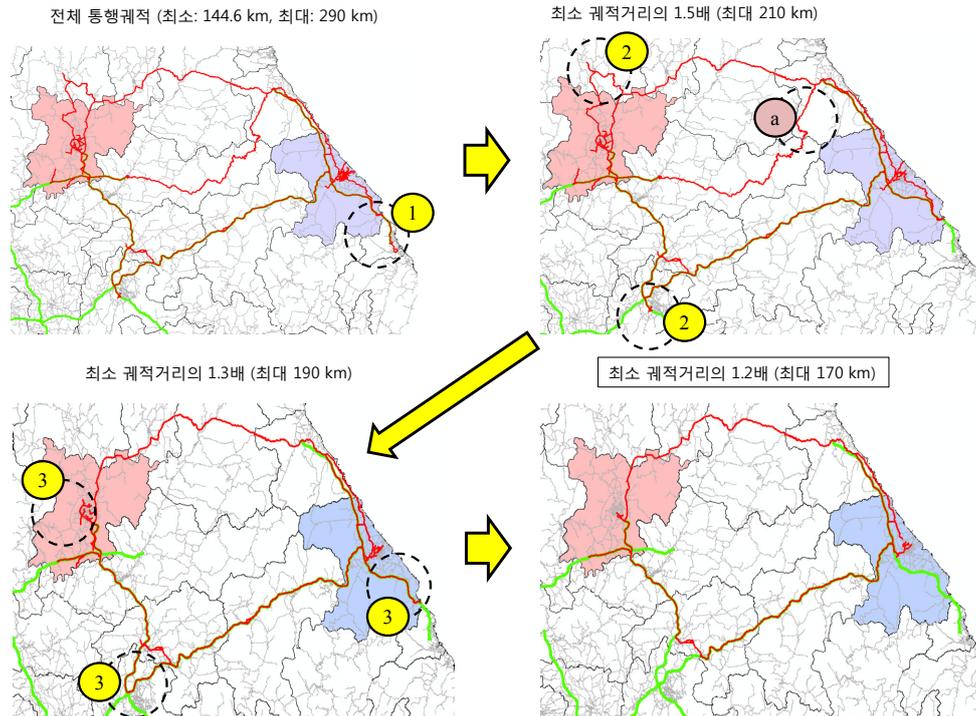
<그림 2- 70> 대전시 서구-천안시 북구 통행궤적 분석

- 이에 대한 필터링을 진행하기 위하여 최소 궤적거리의 2배, 124 km까지의 통행거리를 갖는 궤적들을 포함시켜 분석함
- 분석 결과 장거리 우회는 더 이상 존재하지 않으나 ②에 표시된 바와 같이 기종점간의 통행방향과는 관련없는 일부 통행 분지 (branch) 들이 나타남
- 이러한 통행 분지들은 복합 통행의 흔적이라 판단할 수 있으며, 최대 통행거리를 99 km로 줄이자 모두 사라짐



<그림 2- 71> 대전시 서구-천안시 북구 통행궤적 TLFD 필터링 결과

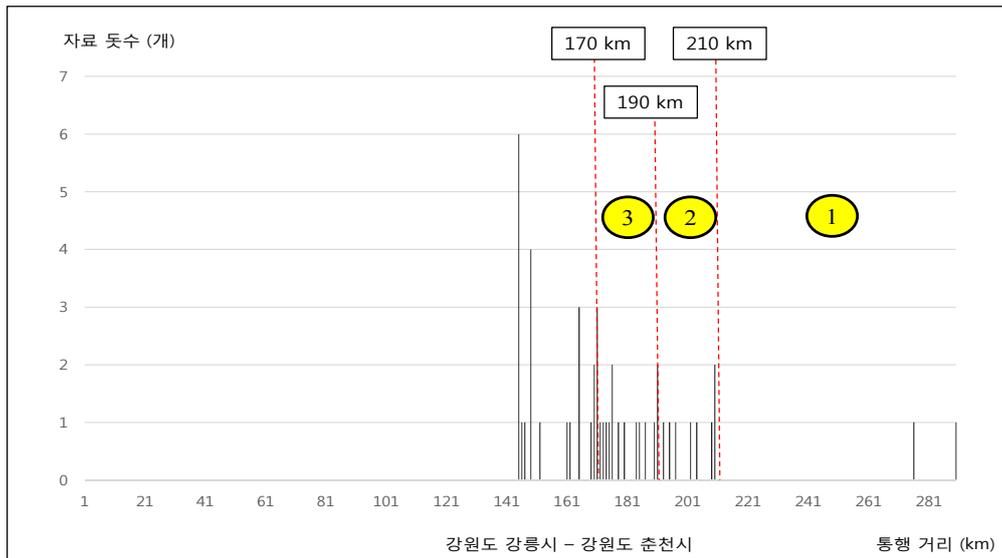
- <그림 2- 71>는 대전시 서구-천안시 북구간의 필터링 과정을 보여주고 있는데, 99 km를 최대 통행거리로 적용하여 필터링 한 결과 전체 119개 표본 중 11개가 필터링 되어, 잔존율은 90.76 (%)로 나타남
- 필터링 후 TLFD 형태를 보면 최빈값을 기준으로 극단치들이 상당부분 제거되어 대칭에 가까운 자료 분포가 나타남
- 단거리에서 분석된 세 번째 기종점 쌍은 지방부에서 지방부로 진행되는 통행으로서, 통행의 기점은 강원도 강릉시이며 통행의 종점은 강원도 춘천시이고 통행의 전체 궤적들은 <그림 2- 72>와 같이 분포되어 있음



<그림 2- 72> 강원도 강릉시-강원도 춘천시 통행궤적 분석

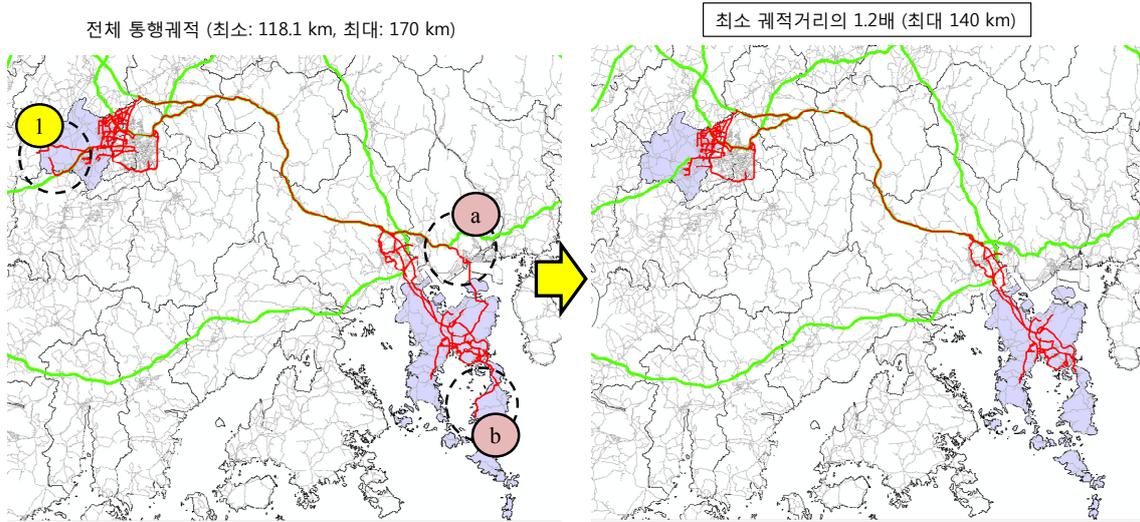
- 궤적 표본의 최소 통행거리는 144.64 km이고 최장거리 표본의 통행거리는 210 km, 총 표본수는 48개 있음
- <그림 2- 72>에서 보는 바와 같이 전체 통행궤적을 확인한 결과 종점부에 해당하는 강릉시 남측에서 종점존의 행정구역을 벗어나는 불합리한 통행 분지가 확인됨
- 1차 필터링을 위해 통행거리가 최소 통행거리에 비해 1.5배 통행거리를 갖는 210 km 이상인 궤적들을 제거한 결과 분지 ①은 삭제되었으나, ②에서 보는바와 같이 춘천시 북부 및 남측 영동고속도로 입구부에서 우회가 발생함을 확인할 수 있음
- 이때 춘천시 북측의 ②로 표시된 통행 분지의 경우 명확히 불필요한 우회라 판단되나, 고속도로를 이용하기 위해 남측으로 우회하여 진행한 통행의 경우 고속도로 진입을 위해 우회가 필요한 통행이 있었던 것으로도 판단할 수 있어 불필요한 우회인지를 판단하기가 어려움
- 또, @로 표시된 국도 56호를 따라 진행되는 통행 역시 일부 우회를 포함하고 있으나 명확히 통행 전체가 불합리하다고 판단하기는 어려움
- 그러나 최대 통행거리 210 km인 통행궤적 전체를 분석하면 불합리한 통행 분지를 상당히 포함하고 있다고 판단되어 최소 통행거리 궤적의 1.3배인 최대 통행거리 190 km까지의 통행궤적들만을 포함하여 분석하였음

- 분석 결과 최대 통행거리 190 km까지 포함시키더라도 ③과 같은 통행 분지들이 확인되는데 통행 궤적의 분지를 분석하면 합리적인 통행의 일부라 판단되지는 않으나 명확히 불합리하다고 판단하기는 어려움
- 마지막으로 최소 통행거리 궤적의 1.2배인 최대 통행거리 170 km의 통행만을 포함시켜 분석하면 국도 56호를 이용하는 궤적을 포함하여 ③에 표시된 통행 분지들이 모두 삭제됨
- 최대 통행거리를 170 km로 적용하는 경우 총 48개 궤적 중 27개가 삭제되어 자료의 잔여율이 43.6 (%)가 되어 지나치게 많은 자료들이 삭제되는 것으로 판단됨
- 따라서 최종적인 필터링을 위한 최대 허용 통행거리는 210 km로 결정하였으며, 이 경우 최소 통행거리 궤적 대비 허용 최대 통행거리 비율은 1.45이며 이 경우 총 표본수 48개 중 필터링 표본수는 2개, 자료 잔존율은 95.83 (%)임



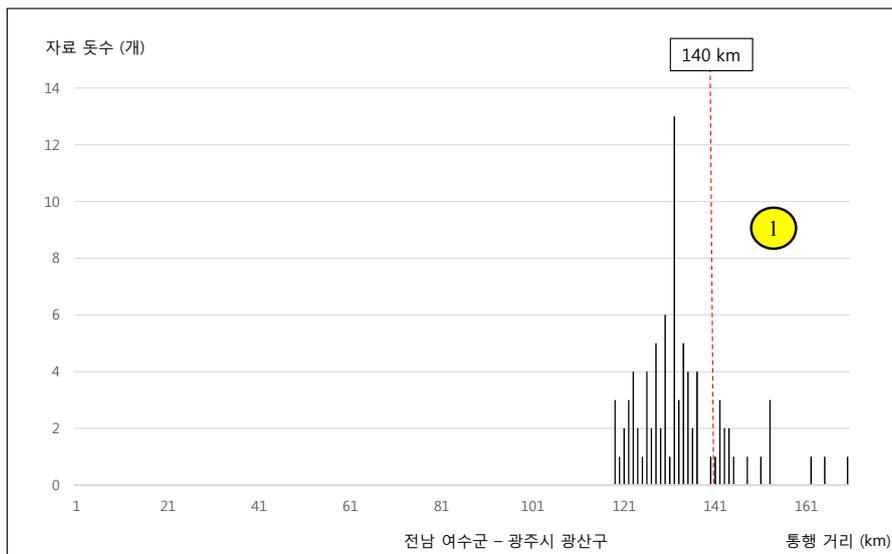
<그림 2- 73> 강원도 강릉시-강원도 춘천시 통행궤적 TLFD 필터링 결과

- <그림 2- 72>는 강원도 강릉시-강원도 춘천시간 통행 궤적의 필터링 과정이며, 이 기종점 쌍의 경우 ①과 ②를 제외하더라도 통행궤적 분포에서는 상당한 비대칭성이 남아있게 됨
- 해당 기종점 쌍의 경우 단순히 통행 거리로는 일괄적으로 궤적을 필터링 하는 것은 어려울 것으로 판단되며, 통행거리 외에 개별 궤적별로 합리적인 통행여부를 판단할 수 있는 기술 개발이 필요할 것으로 판단됨
- 네 번째 기종점 쌍은 <그림 2- 74>와 같이 지방부로부터 광역 도시부로 통행하는 전남 여수시에서 광주시 광산구로 진행되는 통행 기종점 쌍임



<그림 2- 74> 전남 여주시-광주시 광산구 통행네트워크 분석

- 해당 기종점 쌍의 경우 전체 궤적의 최대 통행거리는 170 km, 최소 통행거리는 118.1 km, 통행 궤적 표본의 총 수는 85개임
- 전체 궤적을 분석하면 이 기종점 쌍의 경우 ①로 표시된 지역에서 확인되는 것과 같이 일부 불합리한 통행 분지가 발견되지만, 대부분의 통행분지는 명확히 불합리한 경로로 판단하기는 어려움
- ①의 경우 최단 경로에서는 우회가 발생하였으나 합리적인 수준의 경로 우회로 판단할 수 있고, ②의 경우도 여주시 남측에서 발생하는 통행으로서 최단거리 통행에 비해서는 과도하지만 정상적인 통행이라 판단됨



<그림 2- 75> 전남 여주시-광주시 광산구 통행네트워크 TLFD 필터링 결과

- 따라서 해당 기종점의 경우 필터링 대상 궤적이 없는 것으로 판단하였으며, 최대 허용 통행거리는 170 km, 최소 통행궤적 거리 대비 비율은 1.44로 분석되었음
- 이상의 사례분석 결과를 정리한 내용은 <표 2-50>와 같음
- 4개 중거리 통행 기종점에 대한 분석 결과 최소 통행 거리가 55km~145km로 상당한 차이가 있었음에도 불구하고, 합리적인 통행만을 포함하기 위한 필터링의 최대 허용 통행거리는 최소 통행거리 궤적의 1.45~1.48배로 큰 차이가 없었음
- 이러한 기준을 적용할 경우 전체 표본수중 표본의 잔여율은 86 (%)~ 100 (%)인 것으로 분석되었음

<표 2- 50> 중거리 기종점 쌍 필터링 결과

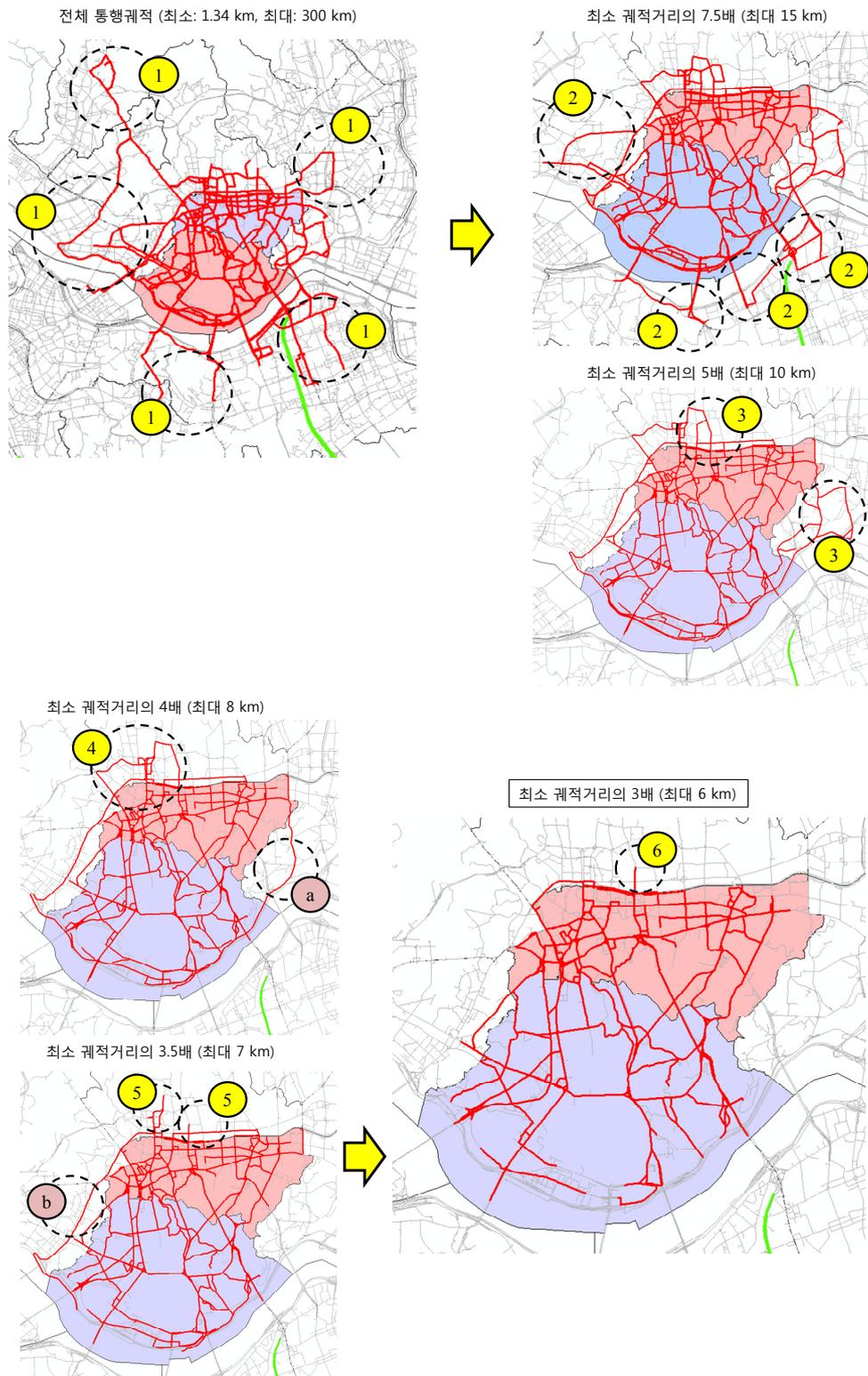
| 중거리 | | | | | | | |
|-----------|-------------------|--------------|----------------|------|-------|------------|--------|
| 권역 | 기종점 | 최소거리 (km) | 최대허용 거리(km) | 비율 | 총 표본수 | 필터링 표본수 | 잔여율(%) |
| 도시- 도시 | 부천 원미구 -용인 처인구 | 54.67 | 79.0 | 1.45 | 72 | 10 | 86.11 |
| 도시- 지방 | 대전 서구 -천안 북구 | 66.95 | 99.0 | 1.48 | 119 | 11 | 90.76 |
| 지방- 지방 | 강릉시 -춘천시 | 144.64 | 210.0 | 1.45 | 48 | 2 | 95.83 |
| 지방- 도시 | 여수시 -광주 광산구 | 118.05 | 170. | 1.44 | 85 | 0 | 100.0 |

- 분석대상 기종점 쌍에서는 표본 최소거리와 최대 허용거리간의 비율이 1.4 수준으로 모두 동일하게 도출되어 출발하는 존과 도착하는 존의 사회경제적인 특성이나 존의 크기에는 큰 영향을 받지 않는 것으로 나타남
- 그러나 사례분석 대상 기종점의 숫자가 적고 개별 궤적별로 합리적이라 의심되는 궤적 일부나 삭제되며, 잔여율의 경우 일정수준 차이가 나타난다는 점을 고려할 때 정밀한 필터링을 위해서는 개별 궤적별로 합리성을 판단할 수 있는 방법론의 연구가 필요하다고 판단됨

3) 단거리 통행

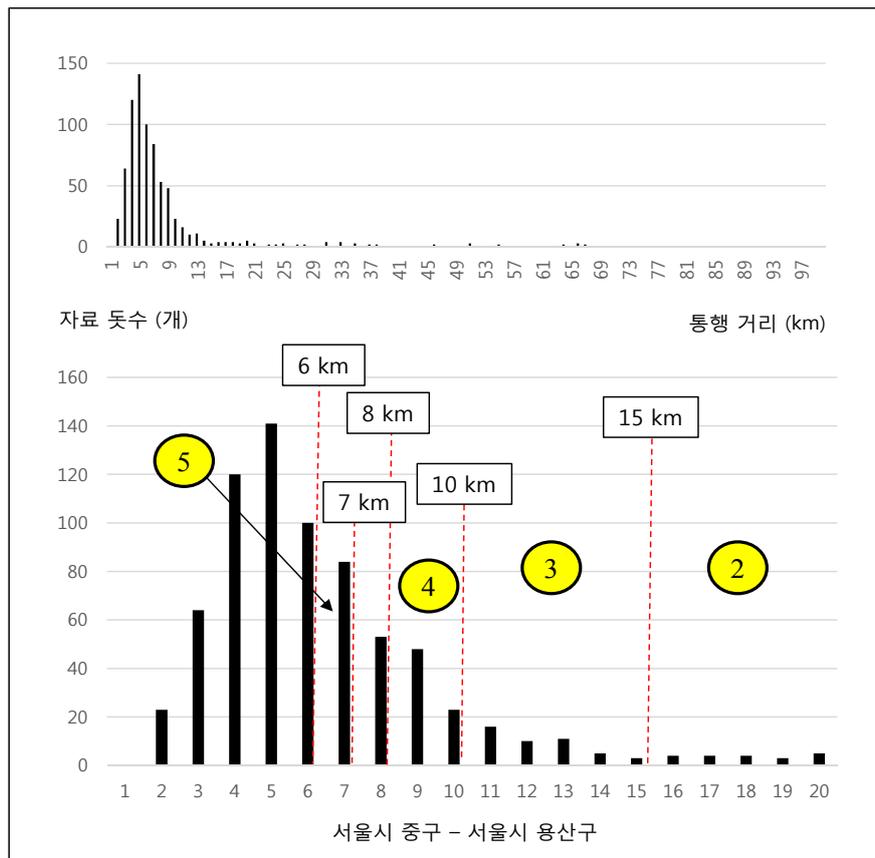
- 단거리 통행 분석을 위해 중거리 통행과 마찬가지로 4개 기종점 쌍을 선정하였음
- 첫 번째 기종점 쌍은 <그림 2-76>과 같이 서울시 중구에서 서울시 용산구로 진행되는 통행으로서, 총 표본수는 795개, 최소 거리 통행궤적은 1.34 km였음

- <그림 2- 76>에서 보는바와 같이 중거리 통행과는 달리 단거리 통행의 경우 명백히 불합리하다고 판단되는 통행분지가 다수 발견되며, 최장거리 통행의 거리도 300 km에 달해 최단거리 궤적의 길이 1.34 km와 비교할 때 명백히 불합리한 궤적들이 다수 포함되어 있다고 판단됨
- 필터링을 위해 먼저 최대 통행거리를 15 km로 설정하여 최소거리 궤적의 7.5배 이하인 통행들만 분석하였음
- 그 결과 극단적인 우회 통행들은 상당히 제거되었으나, ②에서 보는바와 같이 중구와 용산구의 행정범위를 상당히 벗어나는 통행 분지들이 여전히 상당히 존재함을 확인할 수 있음
- 특히 통행범위의 서측에서 합리적인 경로를 상당히 벗어나는 통행 구간이 확인되며, 일부 한강 남측으로 진행하였다가 용산구로 복귀하는 궤적 분지 등이 확인되므로 여전히 상당히 불합리한 궤적들이 존재한다고 판단됨
- 최소거리 궤적의 5배 이내의 통행만을 포함시켜 분석한 결과, 한강 남측에 존재하던 통행경로 분지는 모두 삭제되었으며, 기타 불합리한 분지들도 모두 제거되었음
- 그러나 ③과 같이 최대 10 km이내 통행들을 분석하더라도 중구 북측과 동측 영역에는 여전히 상당한 불필요해 보이는 우회가 존재함
- 이러한 불필요한 분지 삭제를 위해 최대허용 통행 거리를 최소 궤적거리의 4배로 설정하여 8 km 이내의 통행만을 분석한 결과 거의 대부분의 불합리해 보이는 궤적들은 삭제되었음
- 그러나 ④와 같이 여전히 불합리해 보이는 일부 궤적들이 존재하여 이에 대한 제거를 위해 최대허용 통행거리를 7 km로 설정하여 분석함
- 분석 결과 종로구 북측의 불필요한 통행 분지들은 다수 삭제되었으나, 7 km로 최대허용거리를 줄이게 되면 ⑤와 같이 합리적으로 보이는 궤적까지 삭제되는 문제가 확인됨
- 또 최대 허용거리를 6 km로 줄이는 경우 ⑥과 같은 극히 일부 분지를 제외하고는 대부분의 이상 궤적구간들은 모두 제거되었으나, ⑥과 같이 합리적이라 판단되는 궤적들도 삭제되는 문제가 발생하였음
- 따라서 해당 기종점에 대한 최대허용 통행거리는 7 km로 결정하였으며, 이 경우 전체 795개의 궤적표본 중 263개가 삭제되어 궤적자료의 잔여율은 66.92 (%)임



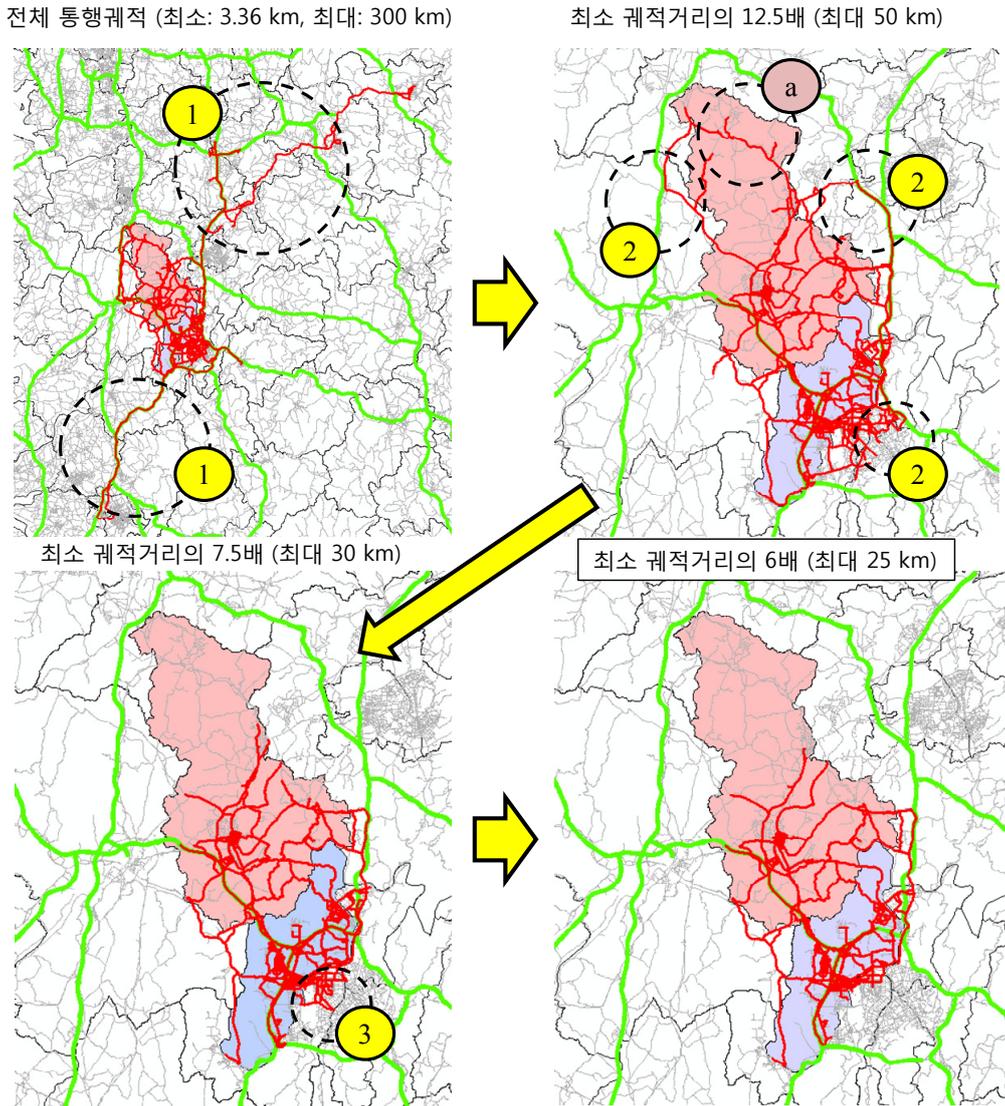
<그림 2- 76> 서울시 중구-서울시 용산구 통행궤적 분석

- <그림 2- 76>은 서울시 중구-서울시 용산구 통행 기종점 쌍의 필터링 과정을 설명하고 있음
- <그림 2- 77>과 같이 전체 통행궤적들의 통행거리 분포를 보면 최빈치를 기준으로 극단적인 장거리 통행이 지나치게 많이 존재한다는 사실을 확인 가능함
- 100 km 이상의 통행거리를 갖는 궤적의 숫자는 총 8개였고, 순차적으로 궤적을 삭제함에 따라 극단치들이 순차적으로 필터링 됨을 확인할 수 있음



<그림 2- 77> 서울시 중구-서울시 용산구 통행궤적 TLFD 필터링 결과

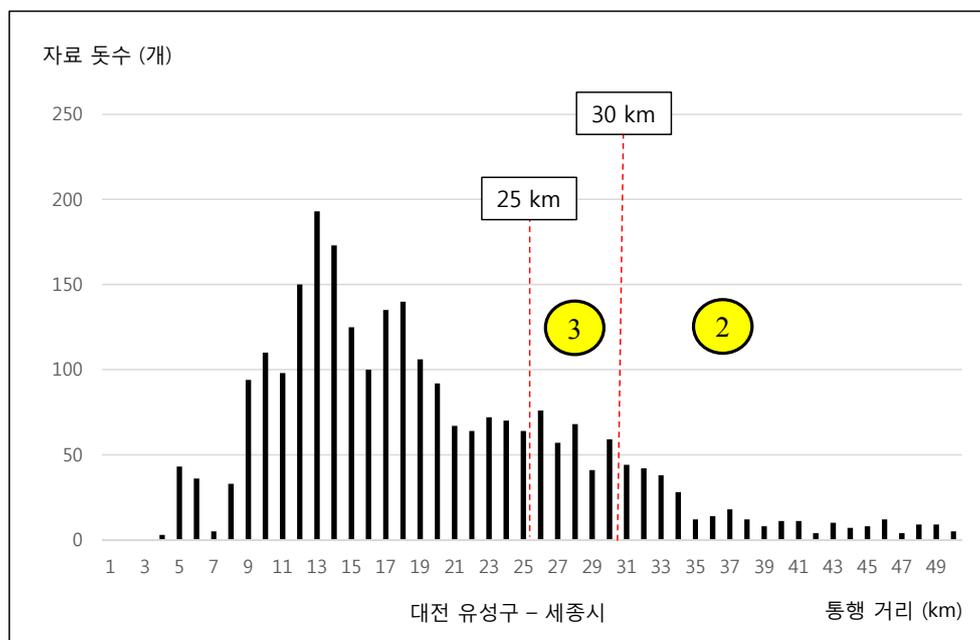
- 최빈치를 기준으로 보면 TLFD 기준으로는 8 km 이내 통행만을 분석하였을 때 가장 대칭에 가까운 것으로 판단됨
- 필터링 허용 최대 통행거리의 결정 기준을 서울시 중구-서울시 용산구에 대해 7 km로 할 것인가, 8 km로 할 것인가를 결정하는 것은 앞서 확인한바와 같이 어려운 문제이며, 어떠한 기준을 적용하더라도 일부 불합리한 통행경로 분지가 포함되는 것으로 나타남
- 따라서, 이러한 거리 기준 필터링은 개략적인 방법으로 사용될 수는 있으나, 정밀한 필터링을 위해서는 앞서 밝힌바와 같이 개별 궤적의 합리성을 판단하는 기술 개발 확보가 필요하며, 특히 단거리 통행에서 그러한 경향이 두드러지는 것으로 판단됨



<그림 2- 78> 대전시 유성구-세종시 통행궤적 분석

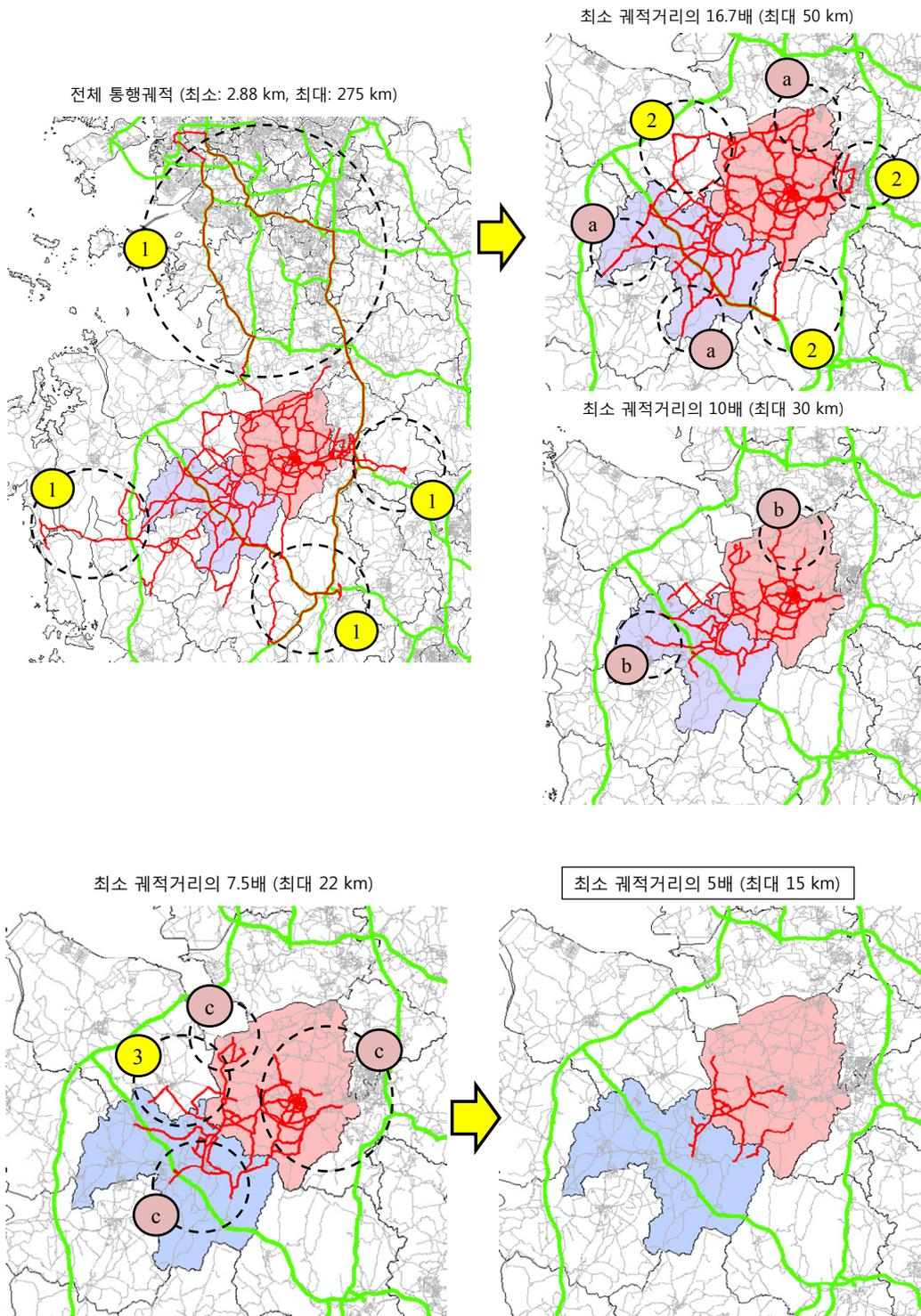
- 분석을 위한 두 번째 기종점 쌍은 대전시 유성구에서 세종시로 향하는 기종점 쌍을 선정하였음
- 해당 기종점 쌍은 총 2632개의 표본이 존재하였으며, 최소거리 통행궤적은 3.36 km, 최대거리 통행궤적은 300 km 이었음
- 전체 자료를 모두 포함시켜 분석한 결과 정상적인 통행 방향과는 관련 없는 명확하게 불합리한 통행궤적 분지들이 포함되어 있는 것을 확인할 수 있음
- 이를 제거하기 위해 최대허용 통행거리를 50 km로 제한한 결과 ①로 표시된 분지들이 제거되었으나, ②에 나타난바와 같이 여전히 불합리한 궤적들이 남아있음을 확인할 수 있음

- 이에 대한 궤적의 필터링을 위해 최대허용 통행거리를 30 km로 단축한 결과 ②에서 지적한 모든 불합리한 분지들을 삭제할 수 있었으나, ③와 같이 합리적이라 판단되는 통행 분지도 함께 삭제되는 문제가 발생하였음
- ③의 경우 통행의 발생지점이 존의 경계에 위치하고 있어 통행의 거리가 매우 길었을뿐 불합리한 궤적이라 판단하기는 어려우나 최소 통행거리 궤적과 비교하면 상당히 긴 통행거리를 가진 궤적임
- 이 통행 궤적에서 확인할 수 있듯이 단거리 통행의 경우 존의 크기에 의해 통행이 발생 도착하는 위치가 통행 거리에 영향을 미칠 수 있고, 존이 큰 경우 합리적인 통행도 일부 필터링 될 수 있음을 알 수 있음
- ③과 같이 일부 불합리한 통행 궤적 분지들이 포함되어 있어 최대 허용 통행거리를 25 km로 줄이는 경우 통행 존의 행정구역을 벗어나는 불합리하다고 판단되는 궤적들이 삭제됨을 확인할 수 있음
- TLFD 분석에서도 불합리한 통행궤적 필터링의 합리적 기준을 확인할 수 있는데, 50 km 이하 통행을 모두 포함시킬 경우 <그림 2- 79>에서 보느냐와 같이 TLFD가 명백하게 우편향 됨을 확인할 수 있음
- ②와 ③을 차례로 삭제하여 최대허용거리를 25 km로 적용하는 경우 최빈값을 기준으로 대칭형의 분포가 형성됨을 확인할 수 있음

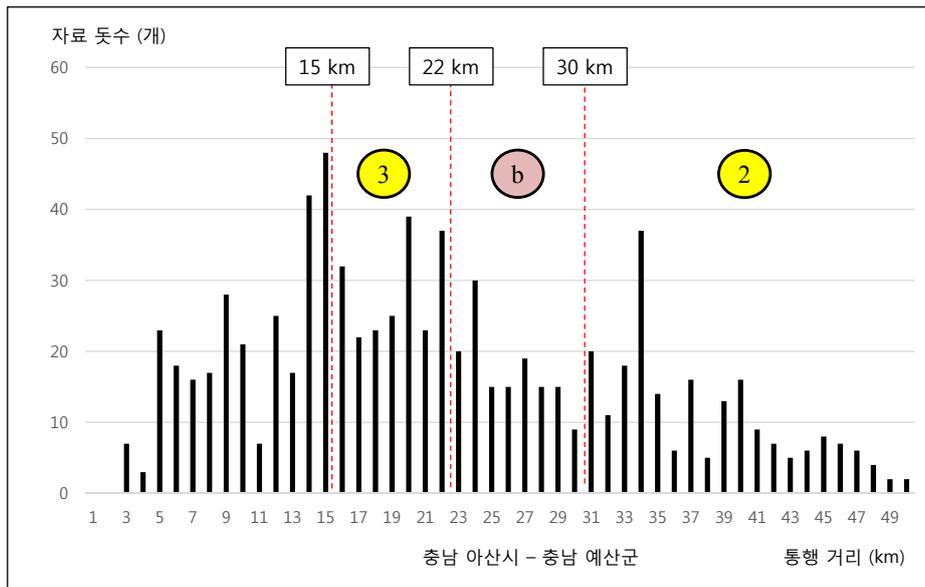


<그림 2- 79> 대전시 유성구-세종시 통행궤적 TLFD 필터링 결과

- 따라서 대전시 유성구-세종시에 대해서는 일부 합리적이라 판단되는 궤적의 삭제가 발생하나 불합리한 통행궤적 분지를 모두 삭제하는 최대 허용거리 25km를 필터링 기준으로 결정하였음
- 이 경우 최소거리 궤적 대비 최대허용 통행거리 비율은 7.44이고, 총 표본수 2,632 중 659개가 필터링되어 잔여율은 74.96 (%)로 기록됨
- 분석을 위해 선정된 세 번째 기종점 쌍은 충남 아산시에서 충남 예산군으로 통행하는 기종점으로서, 최소거리 통행궤적의 길이는 2.88 km이고 최대 거리 통행궤적은 275 km, 표본의 총수는 883 개임
- <그림 2- 80>은 전체 표본 궤적을 표시한 것으로 ①로 표시되는 궤적 분지에서 확인되는 바와 같이 극단적으로 불합리한 궤적들이 포함되어 있음
- 이러한 극단적인 불합리 궤적들을 삭제하기 위하여 최소거리 궤적 2.88 km의 16.7배인 50 km를 최대허용 통행거리로 설정하여 필터링을 실시함
- 적용 결과 ①로 표시되었던 극단적인 이상궤적들은 대부분 제거되었으나, ②로 표시된바와 같은 불합리하다고 판단되는 궤적 분지들이 여전히 포함되어있음
- 추가적인 궤적의 필터링을 위해 최대 허용거리를 30 km로 단축하여 적용한 결과 ②에서 표시한 우회 분지들은 모두 삭제되었으나, ③로 표시된 합리적이라 판단되는 통행궤적부도 함께 삭제되는 문제가 발생하였음
- ③로 표시된 궤적들은 존의 경계부에 기점이나 종점이 있는 통행들로 불합리하다고 판단하기는 어려우나 최소거리 통행 궤적에 비해서는 상당히 긴 통행임
- ③에 표시된바와 같이 합리적이라 판단하기 어려운 일부 우회 구간들이 존재하기는 하지만, <그림 2-80>에서 보는바와 같이 30 km보다 최대허용 통행거리를 낮추는 경우, ④, ⑤와 같이 합리적이지만 통행의 발생도착 위치에 의해 최소거리 궤적에 비하여 과다한 통행거리로 판단되는 통행들이 필터링 되는 상황이 발생함
- ③으로 표시되는 통행 분지를 제거하기 위해서는 최대허용 통행거리를 15 km로 감소시켜야 하는데 이 경우 ④, ⑤가 모두 포함됨
- 최대허용 통행거리의 결정을 위해 TLFD를 검토하면 15 km를 적용할 경우 최빈치 좌측만이 남게 됨

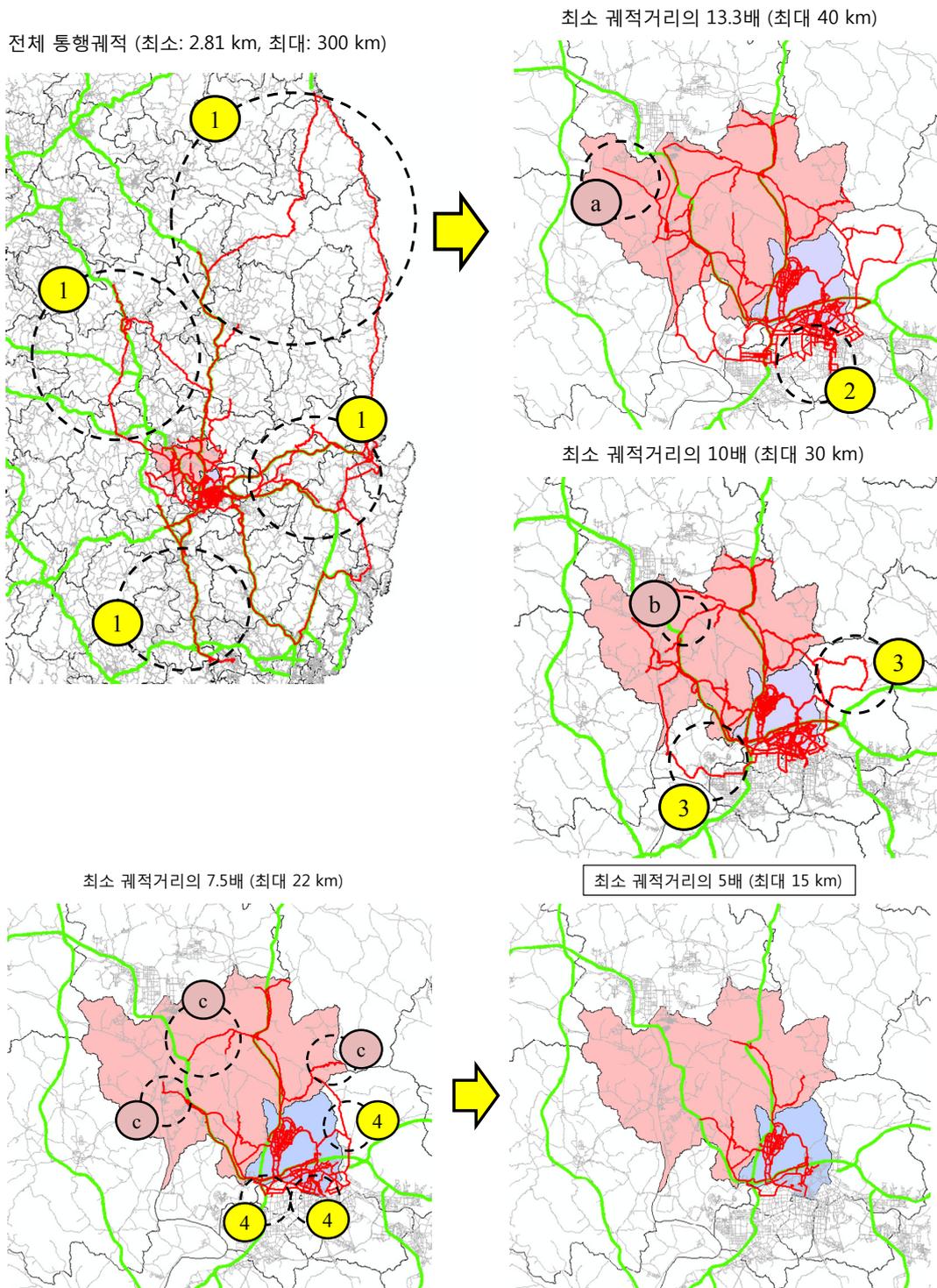


<그림 2- 80> 충남 아산시-충남 예산군 통행궤적 분석



<그림 2- 81> 충남 아산시-충남 예산군 통행궤적 TLFD 필터링 결과

- 최빈치를 기준으로 대칭형의 분포를 유지하기 위한 최대허용 통행거리를 분석하면 개략적으로 30 km로 결정할 수 있음
- 따라서 전체적인 통행궤적의 합리성과 TLFD의 분석을 종합하면 필터링을 위한 최대허용 통행 거리는 30 km로 결정할 수 있음
- 이 경우 최소거리 통행궤적 대비 최대허용 통행거리 비율은 10.42가 되며, 이는 앞선 두 개의 통행 기종점 쌍에 비하여 상당히 긴 통행거리의 궤적들도 포함시키는 것임
- 이는 기점과 종점 존이 상당한 면적을 갖고 있기 때문에 통행의 발생 지점과 종점에 의해 통행 거리가 큰 영향을 받기 때문임
- 마지막으로 단거리 통행 분석을 위해 선택된 기종점 쌍은 경북 칠곡군에서 대구시 북구로 통행 하는 기종점임
- 해당 기종점 쌍은 표본수는 총 2251개이고, 최소 통행거리 궤적은 2.81 km이고, 최대 통행거리 궤적은 300 km임

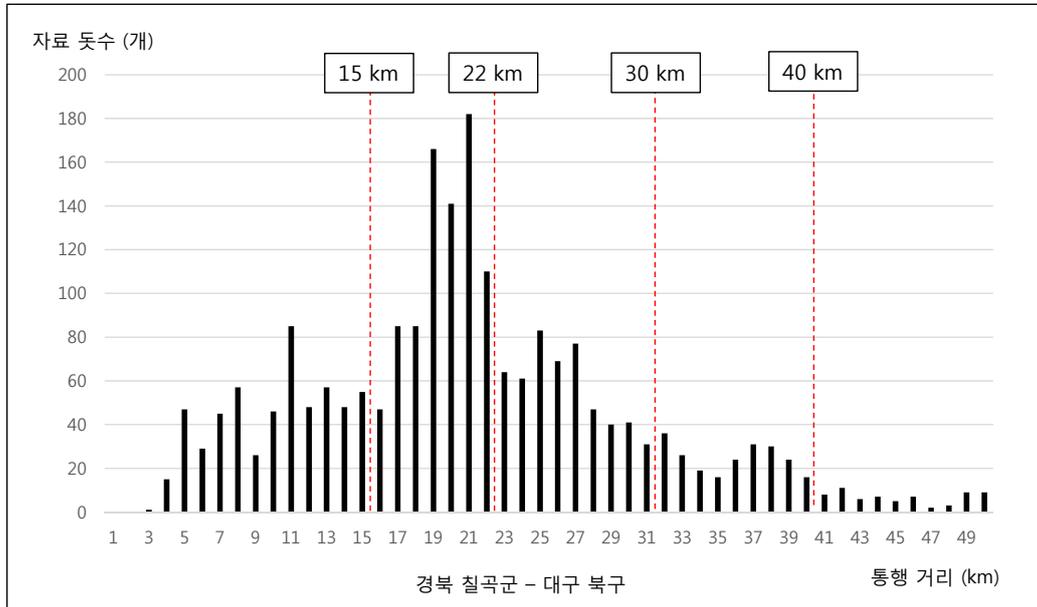


<그림 2- 82> 경북 칠곡군-대구시 복구 통행궤적 분석

- <그림 2- 82>에서 보는바와 같이 모든 궤적을 포함하는 경우 극단적으로 불합리한 통행 궤적들이 존재함을 확인할 수 있음

- 이러한 궤적을 필터링하기 위해 최대 허용 통행거리를 40 km로 적용한 결과 ①에 표시된 불합리한 분지들은 모두 삭제되었음을 확인할 수 있음
- 그러나 최대허용치를 40 km로 적용하더라도 ②에 표시된 궤적과 같이 기종점 존 행정구역을 벗어나 대구시 시내지역을 통행하는 불합리한 궤적 분지들이 상당히 존재함
- 두 존의 통행 궤적들을 분석하면 경북 칠곡군의 경우 불합리한 통행궤적보다는 통행의 발생위치가 통행거리에 큰 영향을 미치는 것을 확인할 수 있으며, 반대로 도시부의 경우 존의 크기가 작아 출발·도착 위치 차이에 의한 궤적 거리 차이는 크지 않으나 ②와 같은 불합리한 궤적부가 다수 포함됨을 확인할 수 있음
- 이러한 도시부 궤적들을 필터링하기 위해 최대허용거리를 30 km로 적용한 결과, ②의 불합리한 통행궤적 분지가 삭제되었으나, ③에 표시된바와 같이 여전히 불합리해 보이는 경로부분이 모두 삭제되지는 않았음
- 그러나 30 km로 최대허용 통행거리를 적용하는 경우 ④와 같이 경북 칠곡군내의 합리적으로 보이는 통행 궤적도 함께 일부 삭제됨
- ③과 같은 불합리한 궤적부분 삭제를 위해 22 km로 최대 허용 통행거리를 단축하여 적용한 결과 ③에 표시된 궤적 부분은 모두 삭제되었으나 ⑥와 같이 합리적인 궤적부도 지방부 존 내에서 삭제됨을 확인할 수 있음
- 그러나 최대 허용거리를 22 km로 설정하더라도 ④에서 볼 수 있는바와 같이 대구시 북구의 행정구역을 벗어나는 궤적들이 여전히 존재하며, 15km로 최대 허용 통행거리를 단축해야 <그림 2-82>에 표시한 바와 같이 ④의 불합리한 통행 궤적들이 모두 삭제됨
- 그러나 최대허용거리 15km의 경우 <그림 2- 82>에서 보는바와 같이 경북 칠곡군의 모든 통행들 중 북부에서 출발하는 통행들은 모두 삭제됨을 확인할 수 있음
- 최대허용 통행거리를 결정하기 위해 TLFD 분석을 실시하면, <그림 2- 83>에서 보는 바와 같이 15 km를 적용할 경우 최빈치가 필터링 되는 문제가 발생함
- 또, 22 km로 최대허용 통행거리를 적용하더라도 최빈값을 기준으로 좌측의 분포만이 잔존하게 되어 극단적인 좌편기 분포가 남게 됨
- 최빈값을 기준으로 대칭형 분포를 확보하기 위해서는 최대허용 통행거리를 30 km 이상으로 설정하는 것이 타당한 것으로 판단되며, 40 km의 경우 <그림 2- 83>에서 확인한 바와 같이 지나치게 불합리한 궤적들이 대구시 북구에 잔존하기 때문에 최종적으로 30 km를 최대허용 통행 거리로 결정하였음

- 이 경우 총 표본수 2,251개 중 삭제되는 표본은 876개이며, 따라서 표본자료의 잔존율은 61.08 (%)임



<그림 2- 83> 경북 칠곡군-대구시 북구 통행계적 TLFD 필터링 결과

<표 2- 51> 단거리 기종점 쌍 필터링 결과

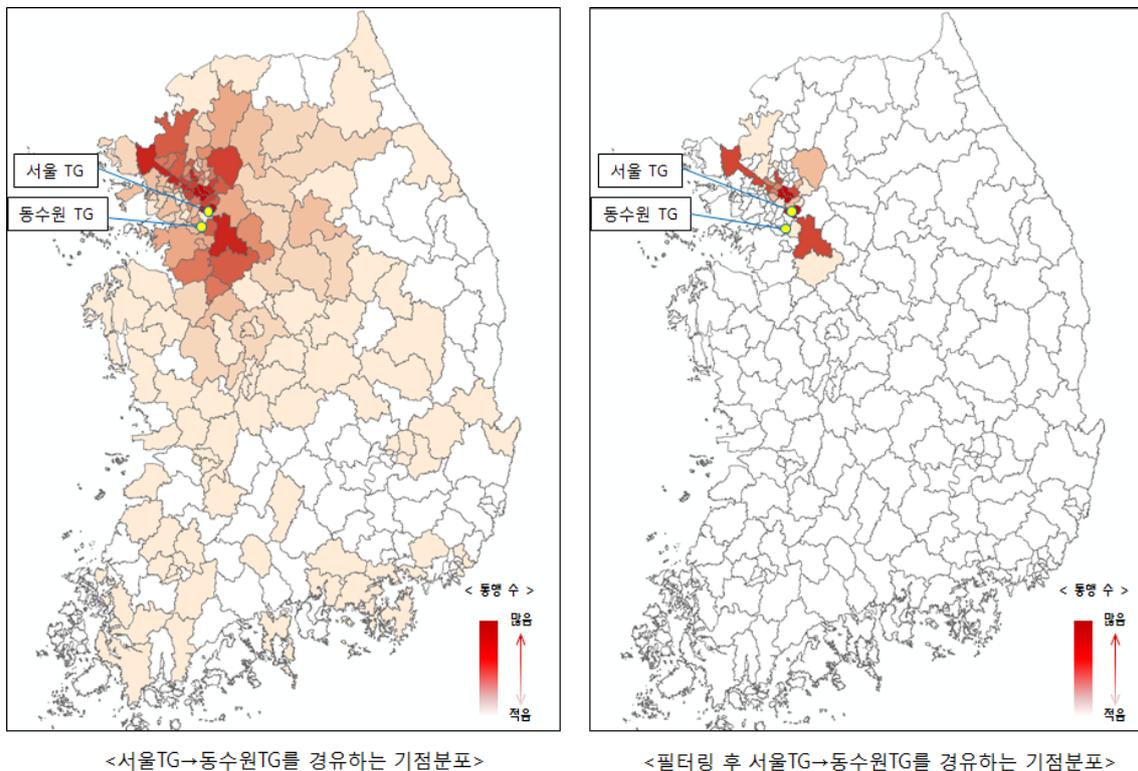
| 단거리 | | | | | | | |
|-------|----------------|-----------|-------------|-------|-------|--------|--------|
| 권역 | 기종점 | 최소거리 (km) | 최대허용 거리(km) | 비율 | 총 표본수 | 필터링표본수 | 잔존율(%) |
| 도시-도시 | 서울 중구 - 서울 용산구 | 1.34 | 7.0 | 5.23 | 795 | 263 | 66.92 |
| 도시-지방 | 대전 유성구 - 세종시 | 3.36 | 25.0 | 7.44 | 2,632 | 659 | 74.96 |
| 지방-지방 | 아산시 - 예산군 | 2.88 | 30.0 | 10.42 | 883 | 272 | 69.20 |
| 지방-도시 | 칠곡군 - 대구 북구 | 2.81 | 22.0 | 7.83 | 2,251 | 876 | 61.08 |

- 단거리 기종점 쌍에 대한 필터링 분석 결과 최소 통행 계적 거리 대비 최대허용 통행거리 비율은 5.23~10.42로서 중거리 기종점상의 1.44~1.48에 비하여 기종점별 편차가 상당히 크고, 비율 값의 크기도 상당히 큼을 확인할 수 있음

- 그 이유는 단거리 기종점 쌍의 경우 최소 거리가 매우 짧기 때문에 최소 통행거리 궤적 길이가 매우 짧아 상대적으로 합리적이거나 통행거리가 긴 통행들이 존재할 수 있는 것이 첫 번째 이유임
- 그리고 두 번째 이유는 중거리 통행의 경우 전체 통행의 거리가 상당히 크기 때문에 존의 크기가 큰 영향을 미치지 않으나, 단거리 통행의 경우 존의 크기가 통행 거리에서 차지하는 비중이 상당히 크기 때문에 통행이 합리적이더라도 존의 끝단에서 끝단으로 통행하는 궤적의 경우 최단거리 궤적에 비하여 매우 긴 거리를 가질 수 있기 때문임
- 따라서 면적이 넓은 지방부 존이 기점이거나 종점인 기종점 쌍의 경우 최대 허용 통행 거리가 상당히 크게 적용되어야 지방부 존에서의 합리적인 통행궤적의 보존이 가능함
- <표 2- 51>에서 보는 바와 같이 단거리 통행의 경우 최대허용 통행거리의 최소거리 대비 비율이 중거리 기종점 쌍에 비해 크게 설정되었음에도 불구하고 잔존율은 61.08 (%)~74.96(%)로서 상대적으로 낮았음
- 이는 단거리 통행이 중거리에 비해 불합리한 궤적들이 많이 포함되어 있어 많은 필터링이 필요함을 시사하는 것임
- 향후 연구를 통해 단거리 통행에서 불합리한 궤적 분지가 많이 발생하는 원인을 찾고, 이를 필터링 할 수 있는 기술 확보가 필요함
- 마지막으로 발견되는 중요한 사실은 최대허용 통행 거리 결정시에 확인한바와 같이 궤적의 TLFD가 자료 필터링에서 중요한 정보를 제공한다는 것임
- 상세 분석을 통해 불합리한 궤적을 최대한 삭제하고, 합리적인 궤적의 손실을 최소화한 최대허용거리는 최빈치를 중심으로 TLFD를 대칭형으로 만드는 값으로 나타남
- 이러한 성질을 추가적인 분석 등을 통해 확인하고, 이러한 사실이 일반성을 갖는다고 판단되면 이를 이용한 집계적 필터링 기술 개발이 가능할 것임
- 이상의 분석을 기초로 본 연구에서는 중·장거리 통행에 대해서는 최소거리 경로의 통행거리의 1.5배까지를 합리적인 통행 범위로 가정하였으며, 단거리에 대해서는 서울시의 경우 존 면적이 작기 때문에 6배, 그 이외에 기점이나 종점 중 하나라도 지방권에 속하는 통행에 대해서는 최소 통행거리의 11배까지를 허용 최대치로 가정한 뒤 필터링을 실시하였음

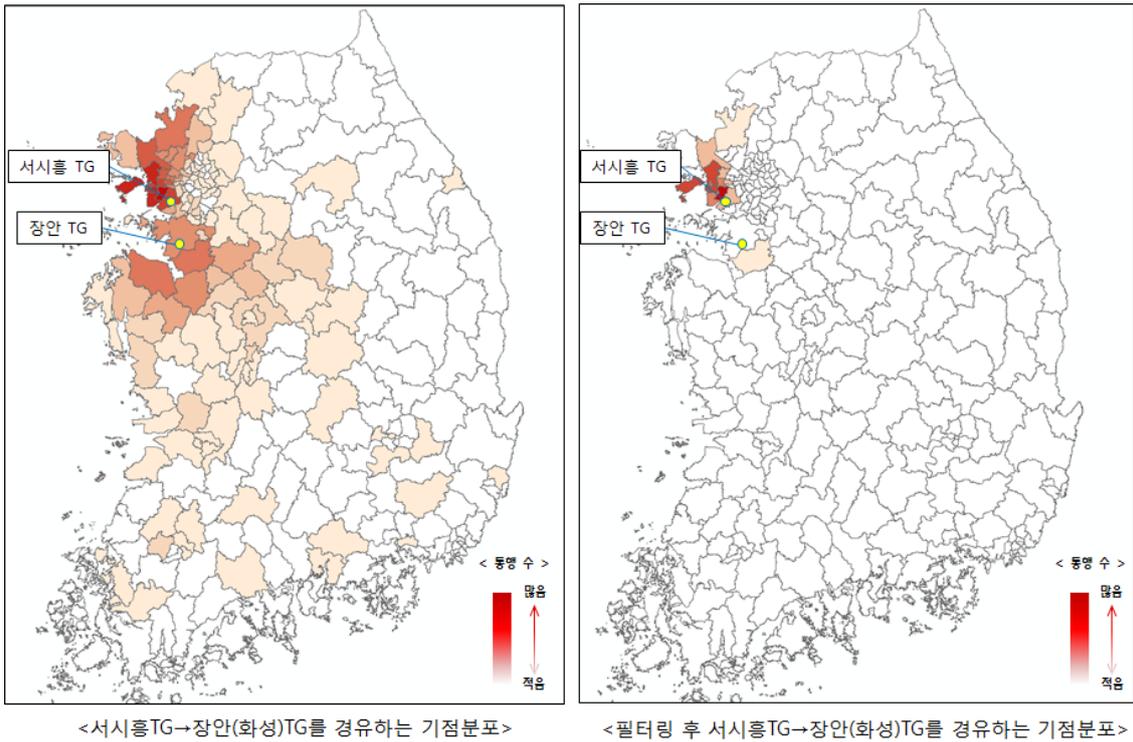
라. 내비게이션 자료 필터링을 위한 고속도로 유출입 교통량 분석

- 개별 궤적자료의 경로 합리성에 기초한 필터링과 함께 필요한 과정이 고속도로 유출입 교통량의 기종점 분포 분석임
- 궤적 자료 분석에서 확인할 수 있듯이 전체 표본 중 일부 차량들은 하나이상의 활동에 참여하는 통행연쇄 형태의 통행을 하는 것으로 추정되기 때문에 합리적인 고속도로 유출입 지점을 분석하는데 문제를 발생시킬 수 있음
- 이러한 자료의 비율이 어느 정도를 차지하는 지를 파악하고, 분석 결과에 기초한 필터링 기술을 확보함으로써 H_{rs}^i 값 DB의 신뢰도를 높힐 수 있음
- <그림 2- 84>는 서울 TG→동수원 TG 간 통행 중 서울 TG를 통해 유입된 차량들의 통행 원 기점존의 분포를 제시한 것임
- 그림에 사용된 자료는 앞서 제시한 궤적자료 필터링을 거친 자료이며, <그림 2-84>에서 확인되듯 서울 TG로 유입된 차량들의 원 기점 존은 중부지역 전체뿐만 아니라 남부지방까지 퍼져있음을 알 수 있음



<그림 2- 84> 서울 TG→동수원 TG간 서울 TG 유입표본 기점존 분포 분석

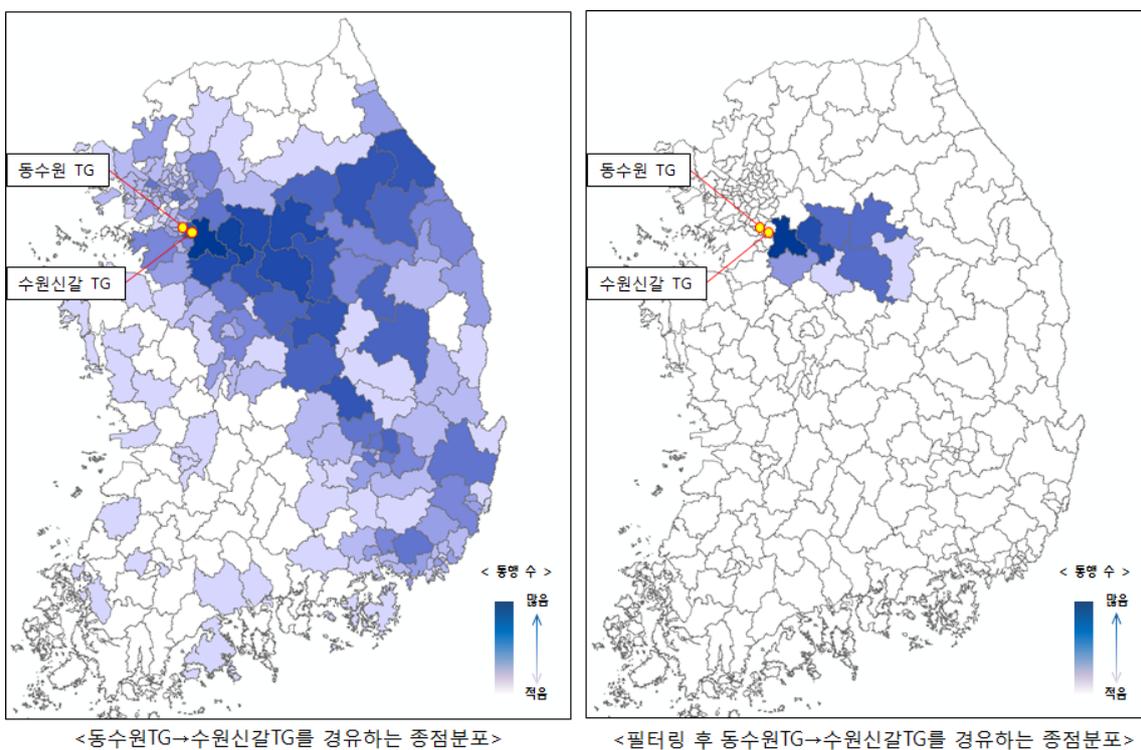
- 그러나 그림에서 확인할 수 있듯 서울 TG에서 거리가 먼 존일수록 발생량의 숫자는 많지 않았음
- 해당 기종점의 전체 표본숫자는 총 4913개였으며, 총량의 1 (%) 이상만이 발생한 존들만을 표시한 그림은 <그림 2- 84>의 오른쪽 그림임
- 필터링 후 존 분포를 보면 서울 TG에 매우 인접한 수도권기점 존만이 남아있음을 알 수 있음
- 따라서 각 TG에서 1(%) 이상을 차지하는 기점존들 만을 포함시킬 경우 합리적인 KTDB 존과 고속도로 영업소간의 관계 DB를 구축할 수 있을 것이라 판단됨
- 고속도로 유입교통량의 원 기점존 분석을 위하여 선택한 두 번째 사례는 서시흥 TG→장안(화성) TG간 통행중 서시흥 TG로 유입된 차량들임
- <그림 2- 85>을 보면 해당 기종점 쌍 간 통행들 중 서시흥 TG로 유입된 차량들은 궤적 필터링만을 거친 원자료에서는 매우 광범위하게 원기점 존이 분포하고 있음을 <그림 2-85>의 오른쪽 그림에서 확인할 수 있음



<그림 2- 85> 서시흥 TG→장안(화성) TG간 서시흥 TG 유입표본 기점존 분포 분석

- 그러나 전체 표본수 4219개 중 1 (%)에 해당하는 43 통행 이상만을 발생시킨 존들만을 표시한 경우 거의 대부분의 존들이 서시흥 TG 주변에 분포해있음을 확인할 수 있음

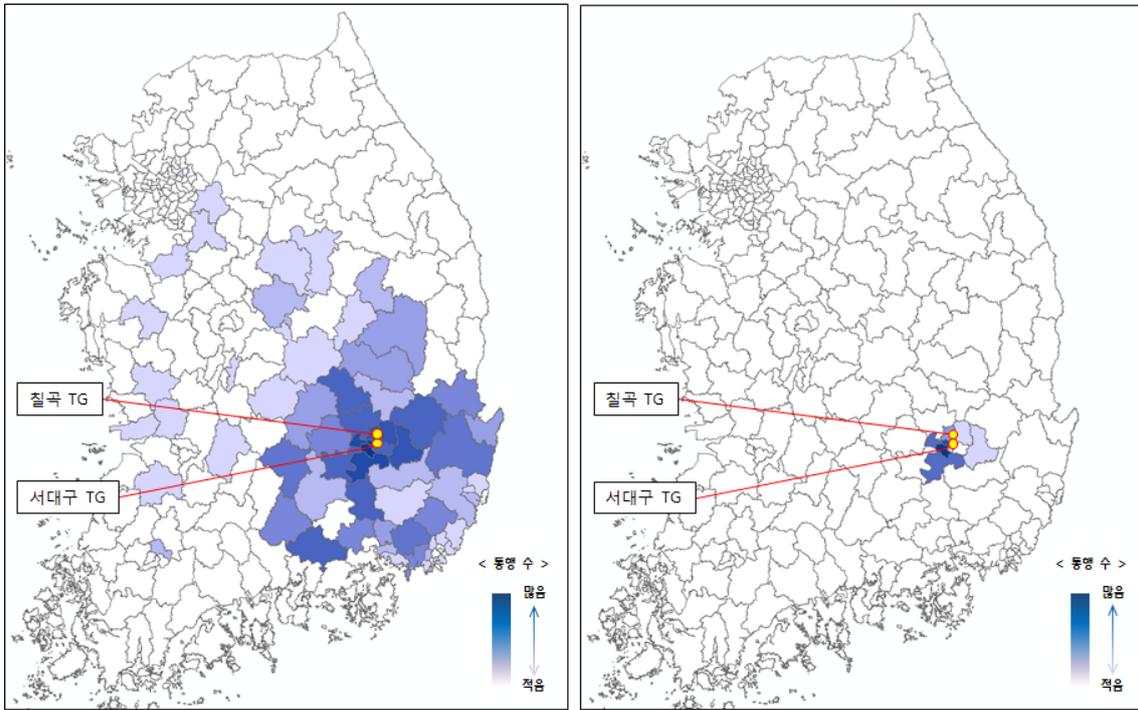
- 일부 기점존이 TG 남측에 표시되어 있는데, 해당 궤적에 대해서는 전체 궤적 경로의 분포를 확인하여 경로의 합리성을 상세 검토할 필요가 있다고 판단됨
- 고속도로 이용 통행량의 유출 IC와 최종 종점간의 분석을 위해 첫 번째로 동수원 TG→수원신갈 TG간 통행량 중 수원신갈 TG에서 유출한 차량들의 종점존 분석을 시행하였음
- <그림 2- 86>의 분석결과 필터링 전에는 수원신갈 TG에서 유출한 차량들이 전국 대부분의 존, 그중에서도 통행의 진행 방향에 따라 수원신갈 TG의 오른쪽 지역 대부분에 분포됨을 확인할 수 있음



<그림 2- 86> 동수원 TG→수원신갈 TG간 동수원 TG 유출표본 종점존 분포 분석

- 그러나 전체 궤적자료 3,929개 중 1 (%)에 해당하는 40 통행 이상만이 도착하는 존을 표시하면 수원신갈 TG의 우측 인접 존에 도착존이 집중함을 알 수 있음
- 따라서 1 (%) 정도의 자료 필터링만으로 합리적인 영업소와 존 간의 관계를 DB화 할 수 있음을 종점 존 분포에서도 확인할 수 있음
- 고속도로 유출 궤적들의 종점 존 분석을 위해 마지막으로 서대구 TG→칠곡 TG간 통행 중 서대구 TG에서 유출된 차량들의 종점 존 분포를 <그림 2- 86>에서 분석하였음

- 다른 사례지역과 마찬가지로 궤적자료 필터링만을 거친 원자료 경우 서대구 TG를 빠져나온 차량들의 최종 도착 존은 남부지방 뿐 만아니라 중부지역까지 분포하여 있음을 확인할 수 있음
- 그러나 전체 표본수 3701개 중 1 (%)에 해당하는 37 통행 이상만이 도착하는 존들의 분포를 보면 서대구 TG 인접 존들에 집중되어 있음을 확인할 수 있음



<서대구TG→칠곡TG를 경유하는 종점분포>

<필터링 후 서대구TG→칠곡TG를 경유하는 종점분포>

<그림 2- 87> 서대구 TG→칠곡 TG간 서대구 TG 유출표본 종점존 분포 분석

- 이상의 결과를 분석해보면 차량 궤적 자료만의 분석과 필터링으로는 고속도로와 KTDB 기종점 존 간의 관계를 정확히 분석하기는 어려운 것으로 판단됨
- 따라서 제시한 그림들에서 제시한바와 같이 약 1 (%) 정도의 자료 필터링 후 H_{rs}^j 값 DB를 구축하는 것이 바람직할 것으로 판단됨

마. R값의 계산과 검증

- 앞서 설명한 바와 같이 R_a^j 값은 KTDB OD교통량이 교통망의 특정 링크 a를 통과하는 비율을 계산하여 DB로 구축한 것임
- 이 DB는 KTDB OD 교통량을 교통망에 배정하여 건설기술연구원 조사에 의한 코든라인 관측교통량과 비교한 뒤 OD 추정 모형의 Gradient항을 계산하는데 사용됨

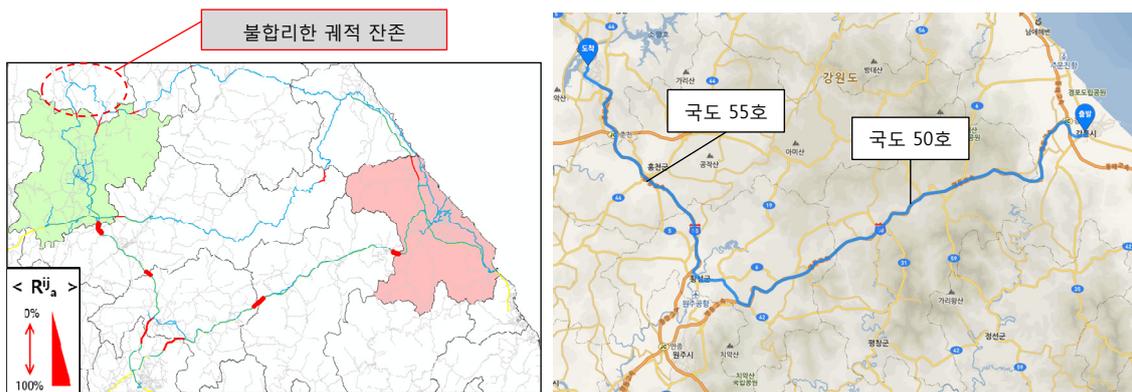
- R_{a}^{ij} 값은 앞서 밝힌바와 같이 내비게이션 자료를 분석하여 구축되었으며 분석된 기종점 쌍은 OD 추정 분석대상으로 선정된 총 2,379개 임
- 본 연구의 목표인 OD 교통량 추정을 위해서는 추정대상 기종점 쌍 각각에 대하여 교통량 관측 지에서의 R_{a}^{ij} 값이 얼마인지를 파악해야함
- 본 연구에서는 최소 통행거리 궤적을 이용한 필터링을 통하여 추정대상 기종점 쌍 간을 통행하는 궤적집합을 확보하였으며, R_{a}^{ij} 값의 검증을 위해 KTDB 기종점 쌍에 대하여 주요 통과 링크들에 대한 GIS 교통망 분석을 수행함
- 검증 목적은 R_{a}^{ij} 값이 컴퓨터 프로그램에 의해 일괄적으로 계산되었기 때문에 컴퓨터 계산 알고리즘 개발 시 사용된 규칙들 및 필터링 기준이 비현실적인 R_{a}^{ij} 값을 도출할 수 있어 불합리한 오류 발생이 없는지를 확인하기 위한 것 임
- 분석 목적상 검증대상 기종점은 통행 거리별로 50km 이하에서 4개, 50km 이상 중·장거리 구간에서 4개를 선정하였음
- 선정된 기종점 쌍은 아래 <표 2- 52>와 같음
- 8개 검증 대상 기종점 쌍 중 가장 표본 숫자가 많은 기종점 쌍은 대전시 유성구에서 세종시로 진행되는 통행이었고, 다음으로는 경북 칠곡군에서 대구시 북구로 진행되는 통행으로서 표본의 개수는 총 1,406개 이었음
- 그밖에 강원도 강릉시에서 춘천시로 향하는 기종점을 제외하면 모든 기종점 쌍이 표본수 50개 이상을 기록하여 R_{a}^{ij} 값 계산의 신뢰성에는 큰 문제가 없는 기종점 쌍이 선정된 것으로 판단됨
- 전반적으로는 장거리 통행에 비하여 단거리 통행의 표본수가 훨씬 많은 것을 확인할 수 있음

<표 2- 52> R_{a}^{ij} 값 검증을 위한 선정 기종점 쌍 개요

| | 중장거리 | | | | 단거리 | | | |
|---|---------|---------|-----|--------|--------|--------|-------|--------|
| | 기점 | 종점 | 표본수 | 통과 링크수 | 기점 | 종점 | 표본수 | 통과 링크수 |
| 1 | 강원도 강릉시 | 춘천시 | 46 | 42 | 서울시 중구 | 서울시용산구 | 586 | 61 |
| 2 | 부천시 원미구 | 용인시 천인구 | 62 | 119 | 충남 아산시 | 충남 예산시 | 640 | 17 |
| 3 | 전남 여수시 | 광주시 광산구 | 85 | 66 | 경북 칠곡군 | 대구시 북구 | 1,406 | 34 |
| 4 | 대전시 서구 | 천안시 북구 | 108 | 94 | 대전 유성구 | 세종시 | 2,102 | 42 |

1) 중·장거리 통행

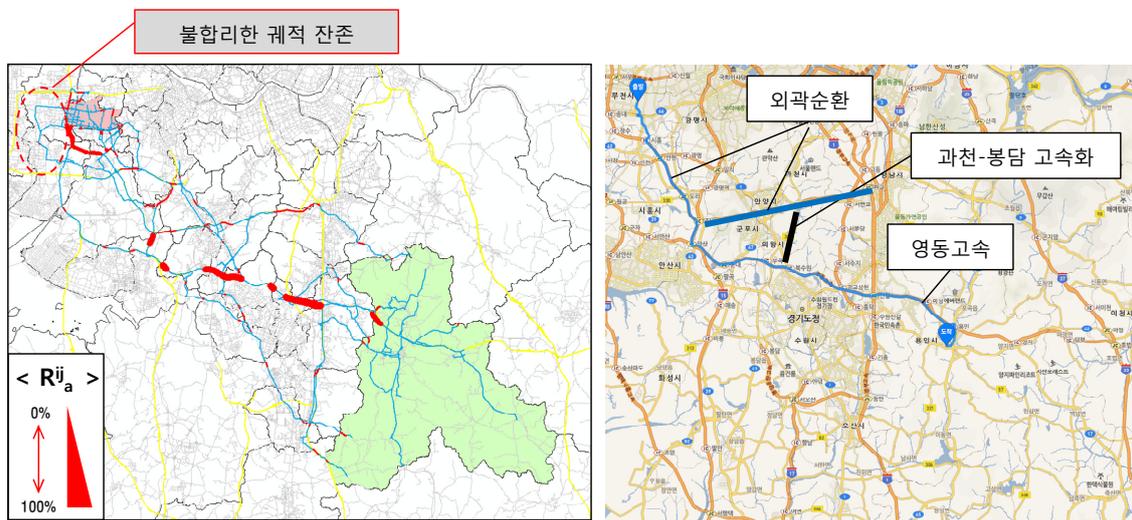
- R_{a}^{ij} 값 및 궤적 검증을 위해 선택된 첫 번째 기종점은 강원도 강릉시에서 춘천시로 진행하는 통행임
- 통행궤적의 전체 숫자는 46개이며 이 중 최소 궤적 거리는 144.64km로서 궤적의 필터링을 위해 최소궤적 거리의 1.5배 이상(217.5km)이 되는 궤적들은 분석에서 삭제하였음
- 전체 경로의 합리성을 확인하기 위해 동일 기종점에 대하여 인터넷 포탈(네이버)의 승용차 최단 경로 기능을 통해 R_{a}^{ij} 값의 타당성을 확인하였음
- 포탈의 최단경로를 보면 국도 50호와 55호를 이용하는 경로가 탐색되며, 경로의 거리는 168.03 km로 나타나 통행궤적에 기록된 144.64km보다는 조금 더 긴 것으로 확인되는데, 이는 포탈의 출·도착 위치가 최단거리 궤적 차량의 출도착 위치에 차이가 있기 때문으로 추정됨



<그림 2- 88> 강원도 강릉시-춘천시 통행 궤적 및 R_{a}^{ij} 값의 분포

- 두 그림을 비교하면 포탈에서 최단경로로 탐색된 국도 50호와 55호를 통과하는 경로에서 R_{a}^{ij} 값이 뚜렷하게 높게 나타남을 확인할 수 있음
- 그 외 동해 고속도로를 따라 북측으로 진행하여 국도 44호선이나 56호선을 이용한 통행이 나타나는데 이들 통행이 설악산 (국도 44호) 및 자연휴양림 밀집지역 (국도 56호)를 통과하는 것으로 보아 여가 통행이거나 출발 위치가 동해 고속도로에 인접해 있어 선택된 경로일 것으로 추정됨
- 그밖에 <그림 2- 88>을 보면 일부 궤적이 춘천시 북측에서 나타나는데 이러한 불합리한 궤적의 잔존은 현재 적용된 최소궤적거리의 배수 적용 기법으로는 완전히 없앨 수는 없으나 계산된 R_{a}^{ij} 값의 패턴은 <그림 2- 88>에서 보는바와 같이 최단경로에 집중되어 있어 합리적인 것으로 파악됨
- 다만 국도 44호와 55호를 통과하는 궤적의 해석 문제나 일부 불합리한 궤적의 잔존문제를 해결하기 위해서는 보다 향상된 궤적 필터링 기술 개발이 필요함

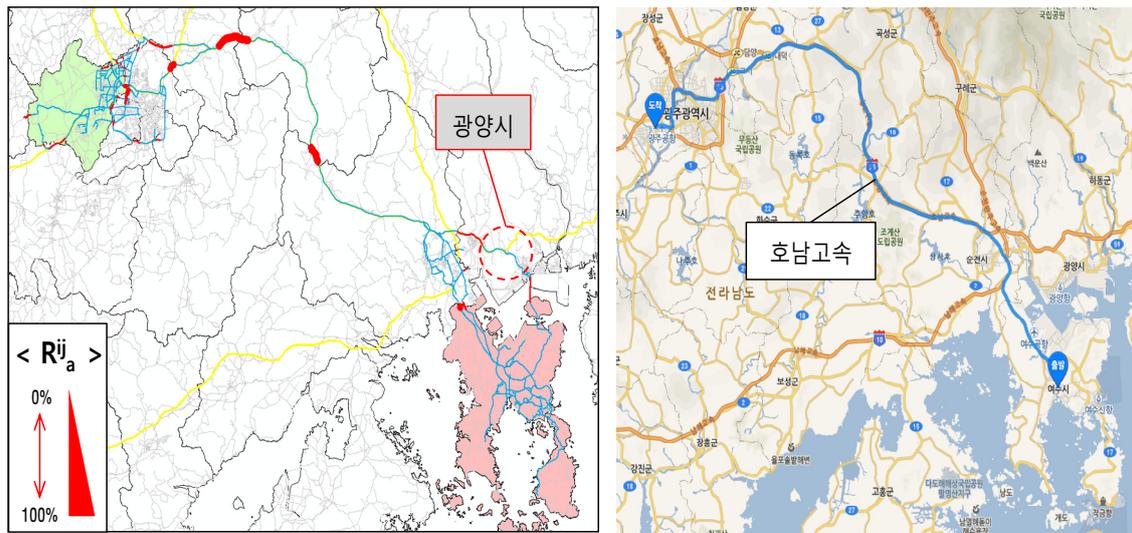
- 중·장거리 통행의 두 번째 기종점 쌍은 부천시 원미구에서 용인시 처인구로 진행되는 통행임
- 통행궤적의 전체 숫자는 62개이며 이 중 최소 궤적 거리는 82.5km로서 궤적의 필터링을 위해 최소궤적 거리의 1.5배 이상(82.5 km)이 되는 궤적들은 분석에서 삭제하였음
- 포탈의 최단경로를 보면 외곽순환 고속도로와 영동고속도로를 이용하는 경로가 최단경로로 탐색되며 통행거리는 60.20 km였으며, 제 2 최단경로로 탐색되는 경로는 외곽순환도로-과천-봉담 도시 고속화도로-영동고속도로를 이용하는 경로로서 총 거리는 65.29 km였음
- 내비게이션 궤적에서 포착된 최소 통행거리 궤적은 54.67km이고, 필터링이 적용된 최대 허용 통행거리는 82.5 km로서 용인시의 면적이 상당히 큰 점을 고려할 때 궤적 통행거리의 상당한 편차가 존재하지만 포탈에서 탐색된 경로들은 충분히 필터링 범위 내에 포함되었음



<그림 2- 89> 부천시 원미구-용인시 처인구 통행 궤적 및 R_{a}^{ij} 값의 분포

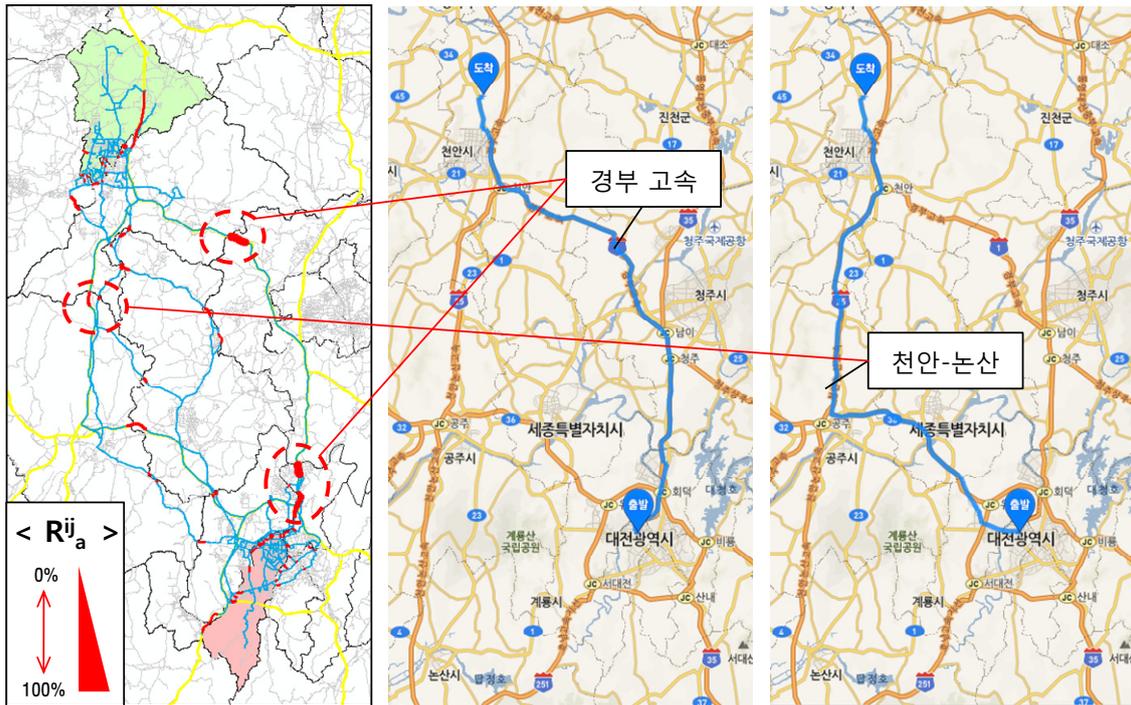
- R_{a}^{ij} 값이 나타나는 주 경로들을 보면 크게 기점 부근에서는 외곽순환을 중심으로 부천의 도시가 로망에서 다양하게 R_{a}^{ij} 값이 높은 링크들이 나타나지만 통행 중반 이후에는 크게 영동고속도로를 바로 이용하는 통행과 외곽순환을 좀 더 이용하다가 과천-봉담 도시고속화 도로를 거쳐 영동고속도로를 이용하는 통행, 그리고 외곽 순환을 이용해 성남시를 거쳐 처인구의 북측 지역으로 통행하는 경로 등이 나타남
- 과천-봉담 도시고속화 도로의 경우 현재의 코든라인 교통량 조사지점을 통과하지 않아 R_{a}^{ij} 값을 정확히 확인할 수 없으나 차량들의 전체 궤적을 보면 이용 차량들이 존재함을 알 수 있고 이 경로가 포탈에서도 제 2 최단경로로 제시되어 있어 분석된 R_{a}^{ij} 값이 합리적으로 도출되었음을 알 수 있음

- 부천 원미구의 서측에서 불합리한 궤적들이 일부 필터링 되지 않은 사실을 확인할 수 있으나 원미구 코든 지점의 R_{a}^{ij} 값 패턴을 보면 대부분의 궤적들은 외곽순환도로로 진입하면서 지역간 통행을 시작하고 있어 불합리한 궤적의 영향은 크지 않은 것으로 확인됨
- 분석 결과 내비게이션 자료에 의한 R_{a}^{ij} 값은 실제 통행패턴을 충분히 상세하게 파악할 수 있는 것으로 확인되지만, 현재 R_{a}^{ij} 값의 계산에 코든라인 교통량 조사지점에서만 파악되고 있어 정확한 전체 경로 분석에는 한계가 있음
- 세 번째 선택된 중·장거리 기종점은 전남 여수시에서 광주시 광산구로 통행하는 기종점임
- 통행궤적의 전체 숫자는 85개이며 이 중 최소 궤적 거리는 118.0km로서 궤적의 필터링을 위해 최소궤적 거리의 1.5배 이상(178.5 km)이 되는 궤적들은 분석에서 삭제하였음
- 포탈의 최단경로를 보면 호남 고속도로를 이용하는 경로가 최단경로로 탐색되며, 경로의 거리는 129.94 km 이었음
- 필터링 이후 남은 모든 경로가 광주시 코든 지점에서는 100 (%) 호남고속도로를 통과하므로 R_{a}^{ij} 값은 합리적이라고 판단됨
- 기점인 여수시 근처에서는 궤적이 통과하는 코든라인이 최단경로 외에 묘도를 지나 광양시를 통과하는 통행이 일부 포착되는데 이는 1) 통행 기점이 여수시의 동측이거나, 2) 광양시 등 통행 중 들러야하는 활동지점이 경로 중에 있었을 것으로 추정됨
- 그러나 전체적으로는 대부분의 궤적들은 여수시에서 국도 17호선을 지나 호남고속도로를 이용해 광주시로 진입하고 있어 포탈에서 제시하는 최단경로와 일치함
- 따라서 계산된 R_{a}^{ij} 값은 합리적이며 전체적으로 교통망이 단순한 지방부 장거리 통행일수록 불합리한 궤적잔존이 줄어들음을 확인할 수 있음
- 중·장거리 기종점 R_{a}^{ij} 값 검증을 위해 선택한 마지막 기종점은 대전시 서구에서 천안시 서북구간의 통행임
- 통행궤적의 전체 숫자는 108개이며 이 중 최소 궤적 거리는 67.0km로서 궤적의 필터링을 위해 최소궤적 거리의 1.5배 이상(100.5 km)이 되는 궤적들은 분석에서 삭제하였음



<그림 2- 90> 전남 여수시-광주 광산구 통행 궤적 및 R^ij_a 값의 분포

- 포탈의 최단경로를 보면 <그림 2- 90>과 같이 제1 최단 경로는 경부고속도로를 주로 이용하는 경로로 탐색되지만, 제 2 최단경로는 중간에 천안-논산 고속도로를 이용하는 경로로 나타남
- 제 1 최단경로 이용 시 통행거리는 78.8 km, 제 2 최단경로 이용 시 통행거리는 81.9 km로서 모두 최소 통행거리궤적보다는 길고 최대 허용 통행거리보다는 짧았음
- R^ij_a 값의 분포를 보면 내비게이션 궤적들은 다수가 제1 최단경로인 경부고속도로를 이용하는 것으로 나타났으며, 일부 차량들이 제 2 최단경로인 천안-논산 고속도로를 경유하는 것으로 나타났다
- 따라서 R^ij_a 값의 패턴은 현실의 차량들이 이용하는 주 경로에 집중되어 나타나고 있음을 확인할 수 있음
- 다만 두 기종점간의 통행경로 상에 위치한 코둔라인에서 1번 국도를 비롯해 지방도를 이용해 통행하는 궤적들이 나타남
- 이러한 궤적들이 중간에 다른 활동 참여를 위해 최단경로를 이용하지 않은 것인지 아니면 통행거리가 길지 않아 유료도로를 이용하지 않은 통행인지는 확인할 수 없으나 그 값이 크지 않아 R^ij_a 값의 타당성을 훼손할 수준은 아닌 것으로 판단됨

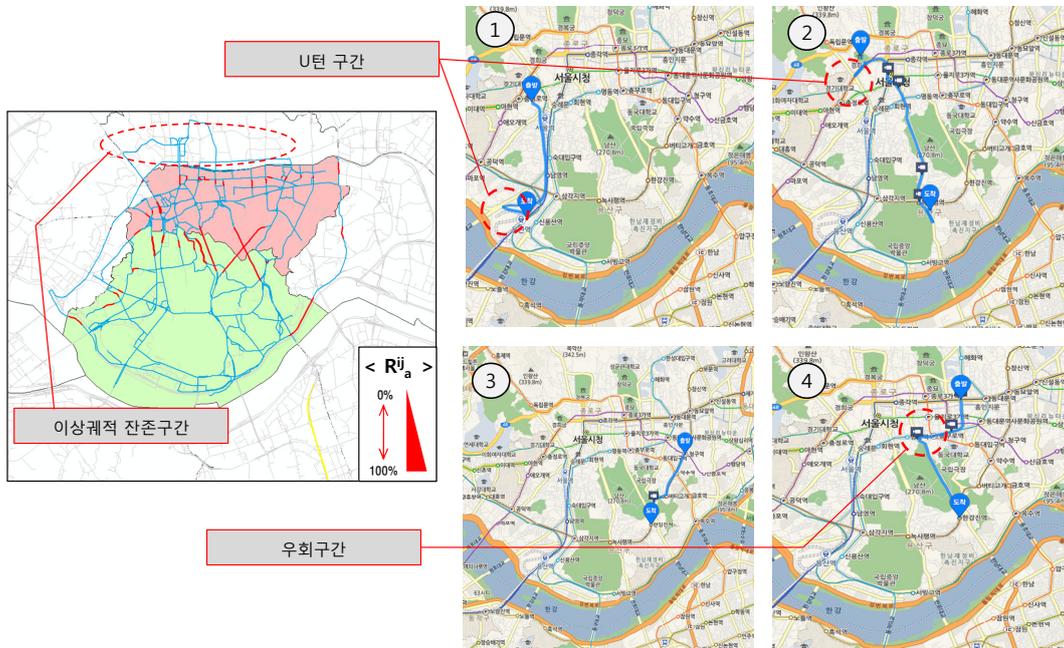


<그림 2- 91> 대전시 서구-천안시 서북구 통행 궤적 및 R_{ij}^a 값의 분포

2) 단거리 통행

- 단거리 통행은 중·장거리 통행에 비하여 통행 궤적의 출·도착 위치가 궤적 전체 거리에 미치는 영향이 커서, 통행거리 기준의 정교한 필터링이 어렵고, 기종점간 경로도 다양하여 R_{ij}^a 값 패턴이 넓게 분산되는 경향이 큼
- 따라서 중·장거리 통행과 비교할 때 검증의 난이도가 높음
- 단거리 R_{ij}^a 값 검증을 위해 선택된 첫 번째 기종점은 서울시 중구에서 용산구로 진행되는 통행임
- 통행궤적의 전체 숫자는 508개로서 중·장거리 통행에 비하여 표본수는 상당히 많으며 이 중 최소 궤적 거리는 1.3 km로서 궤적의 필터링을 위해 최소궤적 거리의 6배 이상(8 km)이 되는 궤적들은 분석에서 삭제하였음
- 단거리 기종점 쌍, 특히 가로망이 조밀하게 발달하고 토지이용이 고밀도이며 도로 운영이 복잡한 경우 동일한 기종점간에도 매우 복잡한 형태의 경로 패턴이 나타난다는 사실을 <그림 2- 92>이 보여주고 있음
- <그림 2- 92>를 보면 중구와 용산구 사이의 대부분의 도로 구간들이 모두 R_{ij}^a 값을 갖고 있으며, 값의 분포도 고르게 퍼져있음을 알 수 있음

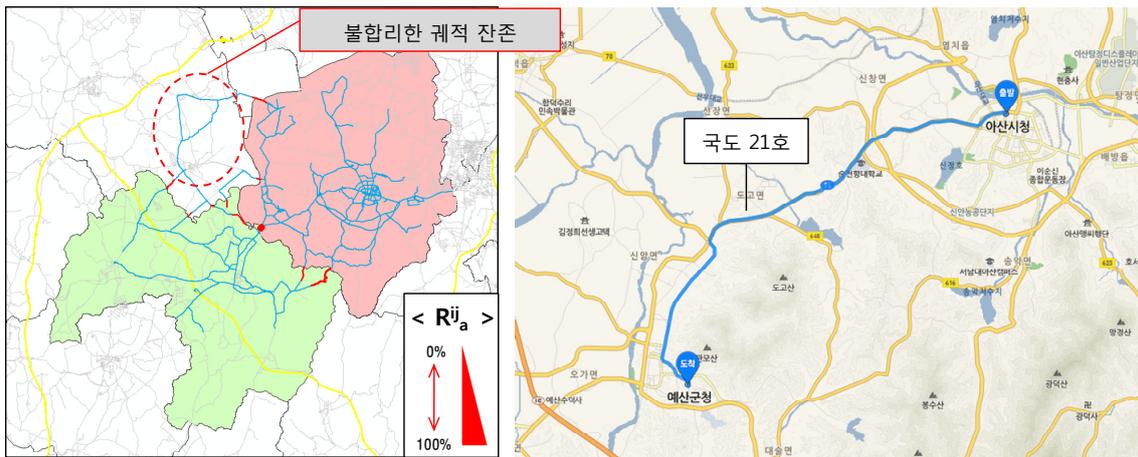
- 이러한 현상은 <그림 2- 92>의 오른쪽 포탈 경로들에서 확인할 수 있듯 단거리 통행의 경우 어디서 출발하여 어디로 가는가에 경로가 큰 영향을 받기 때문임



<그림 2- 92> 서울시 중구-서울시 용산구 통행 궤적 및 R^i_a 값의 분포

- 예를 들어 ①의 통행은 충정로역에서 용산역으로 진행하는 통행으로서 교통망의 좌측부분만을 이용하는 반면, ③의 통행의 경우 교통망의 우측부분만을 이용해 통행이 이루어짐
- 이와 같이 교통망의 대안 경로가 많은 경우 기종점간의 최단 경로는 출발 위치와 도착 위치에 따라 결정되게 되며, R^i_a 값의 크기는 각 위치간의 통행량이 많은 지역의 주요도로에서 크게 나타나게 됨
- 따라서 중·장거리 통행의 경우 R^i_a 값이 경로 선택 비율을 반영하는 반면 단거리 통행, 특히 도시부 도로에서의 R^i_a 값은 기종점 존 내부의 통행 수요 분포에 의해 결정되는 경향이 큰 것으로 나타났다음
- 도시부 도로에서 확인되는 또 다른 특징은 회전 제약 등에 의하여 통행에서 비 합리적인 구간이 단일 궤적 내에서도 존재할 수 있으나, 이는 실제로는 최단경로일 수 있다는 점임
- <그림 2- 92>의 ①과 ②를 보면 출·도착 위치 부근에서 동일한 링크를 중복하여 이용하는 loop가 경로 상에 나타나는데 이는 최단경로 탐색에서는 불합리한 구간이 됨
- 그러나 이러한 loop의 형성은 통행시간을 최소화하기 위해 U턴을 포함한 경로를 발생시킨 것으로 합리적인 통행궤적이라 할 수 있음

- 또 ④의 경우 남북방향 기종점 통행에서 동서방향으로 상당한 이동거리가 나타나는데 도시부에서는 이 역시 혼잡을 우회하는 등 통행시간 감소를 위해 합리적인 우회를 하는 것으로 판단할 수 있음
- 따라서, 도시부 단거리 통행을 분석한 결과 궤적의 합리성을 판단하기 위해서는 다양한 필터링 기준들이 개발되어야 하며, 이러한 문제 때문에 현재의 거리기반 단일 필터링 기술로는 정교한 궤적 필터링이 중·장거리 구간에 비하여 어렵다고 판단됨
- 이와 같은 문제 때문에 <그림 2- 92>의 좌측 궤적 분포를 보면 중구 북측에 이상 궤적들이 잔존해 있음
- 포털을 통해 확인된 기종점간 통행거리 역시 짧게는 1km 중반부터 길게는 10km 까지 존재하고 있어 현재 1.3 km~8km로 설정된 필터링 기준에는 대부분 포함되나 상당한 불합리 궤적도 포함되어 있을 것으로 판단됨
- 단거리 R_{a}^{ij} 값 검증을 위해 선택된 두 번째 기종점은 충남 아산시에서 충남 예산군으로 진행되는 기종점임
- 통행궤적의 전체 숫자는 640개이며 이 중 최소 궤적 거리는 2.88km로서 궤적의 필터링을 위해 최소궤적 거리의 11배 이상(32 km)이 되는 궤적들은 분석에서 삭제하였음
- 그림에서 보는 바와 같이 지방부 단거리 통행의 경우 존의 면적이 통행 거리에 비하여 상당히 넓기 때문에 도시부와 같이 최소거리 궤적의 통행거리에 대하여 충분한 통행거리 비율을 허용하지 않으면 정상적인 장거리 통행들, 즉 존의 양 끝단에서 출발 및 도착하는 통행들이 필터링 되어 크게 편기된 통행궤적들만이 잔존할 수 있음
- 포털을 통해 탐색된 두 존간 최단 통행거리는 23.1 km인데, 이 거리는 아산 시청에서 예산 군청으로 진행되는 경로로서 최단거리 경로 임에도 불구하고, 내비게이션 자료의 최소거리 궤적의 8.02배의 통행거리를 갖고 있음
- <그림 2- 93>은 아산시와 예산군의 주요 시가지역 및 활동지점들 중 장거리 통행과 단거리 통행을 비교한 것임
- 내비게이션 자료의 경우 최단거리 궤적은 2.88 km, 최장거리 통행은 32 km로 나타났는데, 포털을 통해 검색한 통행거리는 5.27km와 64.98km로 나타나 내비자료의 2배가 넘는 통행거리도 두 존 간에 발생 가능한 것으로 나타남
- 따라서 합리적인 장거리 통행의 필터링 오류를 막기 위해서는 최대허용 통행거리를 늘려야 하나 <그림 2- 93>에서 확인되는 것과 같이 30 km 이하만을 분석하더라도 일부 불합리한 궤적들의 잔존이 나타남



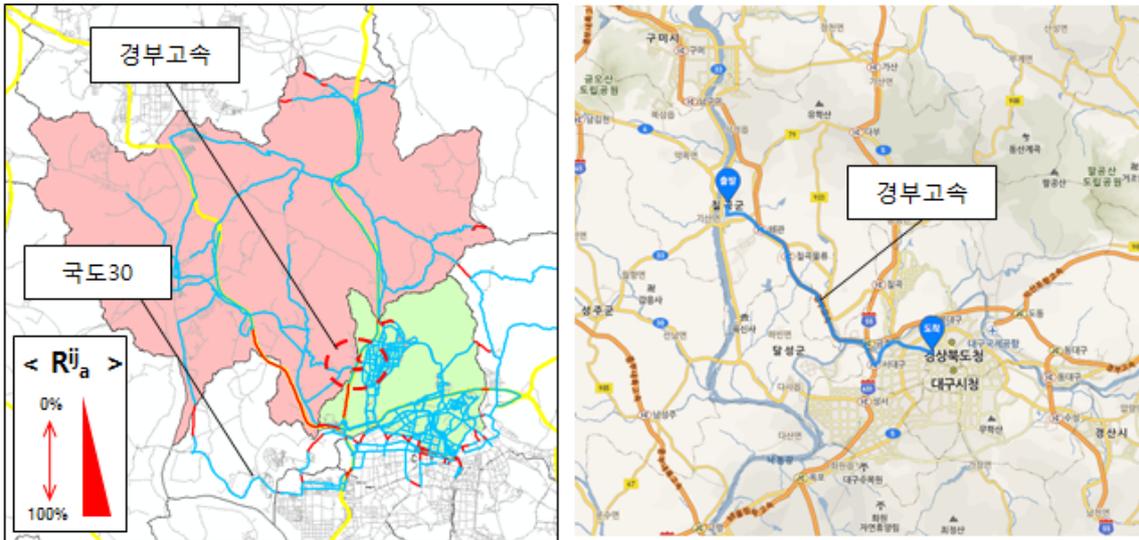
<그림 2- 93> 충남 아산시-충남 예산군 통행 궤적 및 Rij값의 분포



<그림 2- 94> 충남 아산시-충남 예산군간 통행궤적 거리 비교

- 따라서, 이러한 문제를 해결하기 위한 필터링 기술의 고도화가 필요함
- 단거리 R_{ij}^k 값 검증을 위해 선택된 세 번째 기종점은 경북 칠곡군에서 대구시 북구로 진행되는 통행임
- 통행궤적의 전체 숫자는 1406개이며 이 중 최소 궤적 거리는 2.81km로서 궤적의 필터링을 위해 최소궤적 거리의 11배 이상(31 km)이 되는 궤적들은 분석에서 삭제하였음
- 필터링 적용결과 <그림 2- 94>에서 확인되는 것과 같이 뚜렷하게 불합리한 우회 경로는 남지 않았으나, 대구 북구의 남측 경계 도시부 도로상에서 불합리한 분지들이 잔존함을 확인하였음

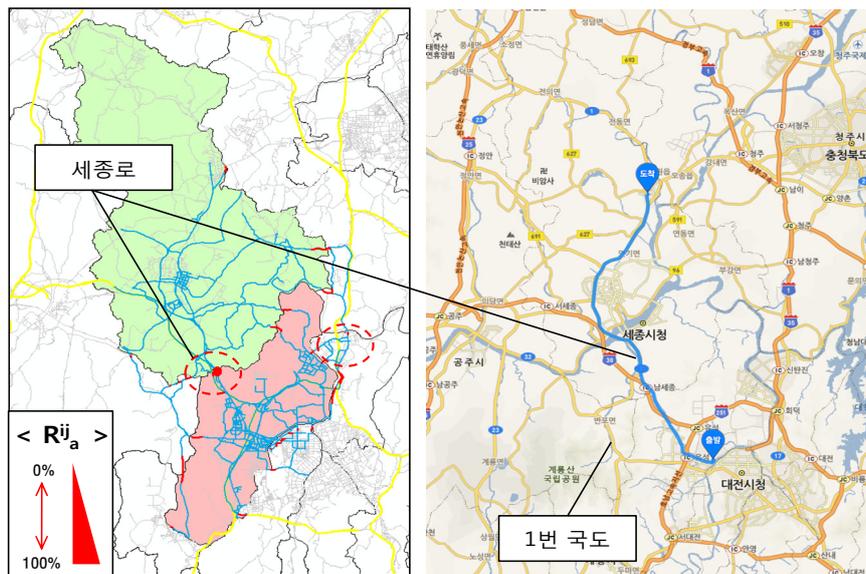
- 그러나 해당 분지들을 삭제하기 위해서 필터링 기준 거리를 줄일 경우 칠곡군 내 외곽지역에서 발생하는 합리적인 통행궤적들까지 삭제되는 문제가 발생함
- 포탈을 통한 최단경로 검색결과 모든 검색 경로들이 경부 고속도로를 통과하는 것으로 나타났으며, 통행 거리는 26.65 km ~ 28.66 km 이었음



<그림 2- 95> 경북 칠곡군 - 대구 북구 통행 궤적 및 R^ij_a 값의 분포

- 따라서 모든 경로들이 필터링 기준 내에 속하는 것으로 나타났으며, R^ij_a 값 분포 역시 경부고속 도로에 통행량이 집중되는 것을 확인할 수 있음
- 그밖에 우회거리가 상당한 국도 30호를 통과하는 궤적이 포착되었으나 R^ij_a 값의 크기는 상대적으로 크지 않았음
- 전체적으로 R^ij_a 값의 패턴 자체는 합리적인 경로상에 위치하는 것으로 판단되나, 대구시 북구 남측에서 불합리한 분지들이 잔존하는데, 그 양이 많지는 않더라도 이러한 불합리한 분지를 포함한 궤적들이 전체 기종점 통행량에서 제외되지 않는다면 합리적인 경로상의 R^ij_a 값이 과소추정되는 문제가 발생할 가능성이 존재함
- 따라서 향후 불합리한 분지들을 포함하는 궤적들을 필터링 할 수 있는 기술의 개발이 필요함
- 단거리 R^ij_a 값 검증을 위해 선택된 마지막 기종점은 대전시 유성구에서 세종시로 진행되는 통행임
- 통행궤적의 전체 숫자는 2,102개이며 이 중 최소 궤적 거리는 3.36km로서 궤적의 필터링을 위해 최소궤적 거리의 11배 이상(37 km)이 되는 궤적들은 분석에서 삭제하였음
- 두 존간의 대표 기종점인 유성구청에서 세종자치시 청사간의 최단거리를 포탈을 통해 탐색한 결과 통행거리는 33.49 km로 나타나 필터링 기준 내에 속하는 것으로 나타났음

- 필터링 적용결과 <그림 2- 96>에서 확인되는 것과 같이 두 존 간의 최단경로는 세종로를 이용하는 경로로서 R_{a}^{ij} 값 역시 코든을 통과하는 세종로 상에서 가장 높게 나타나있음
- 그밖에 출발 위치에 따라서 1번 국도를 이용하는 차량의 경우 대전시 유성구의 서측 코든라인을 통과하는 것으로 추정되며, 해당 코든라인 상에서 R_{a}^{ij} 값이 포착되는 것을 확인할 수 있음
- 다만 유성구 남측에 코든을 통과하는 차량들이 상당히 기록되는데 이는 도시부 가로망의 R_{a}^{ij} 값에서 공통적으로 관측되는 문제임



<그림 2- 96> 대전시 유성구 - 세종시 통행 궤적 및 R_{a}^{ij} 값의 분포

- 중·장거리 4개, 단거리 4개 등 총 8개의 기종점 쌍에 대하여 분석한 결과 모든 기종점 쌍에서 계산된 R_{a}^{ij} 값이 포털사이트에서 분석된 주요 최단경로들과 일치하였음
- 따라서 기초적인 필터링을 끝낸 현재 자료로 계산된 R_{a}^{ij} 값이 통행배정에 사용되는데 큰 문제가 없다는 점은 검증하였음
- 그러나 궤적 분포에서 확인할 수 있듯이 단거리 통행의 경우 현재의 거리기준 필터링이 완벽하게 불합리한 통행을 삭제하지 못하는 한계가 존재하는 것도 확인하였음
- 이러한 불합리한 통행이 포함될 경우 합리적인 경로상의 R_{a}^{ij} 값이 과소 추정되는 문제가 발생할 수 있음
- 그러나 중·장거리 통행의 경우 현재의 거리 기준 필터링에 의해 대부분의 불합리한 궤적들이 삭제되어 R_{a}^{ij} 값의 오류 가능성이 낮고, 단거리 통행의 경우 전체 통행량 자체가 많기 때문에 일부 차량에 의한 불합리한 궤적이 포함되더라도 주 경로의 R_{a}^{ij} 값 과소추정의 정도는 크지 않을 것으로 추정됨

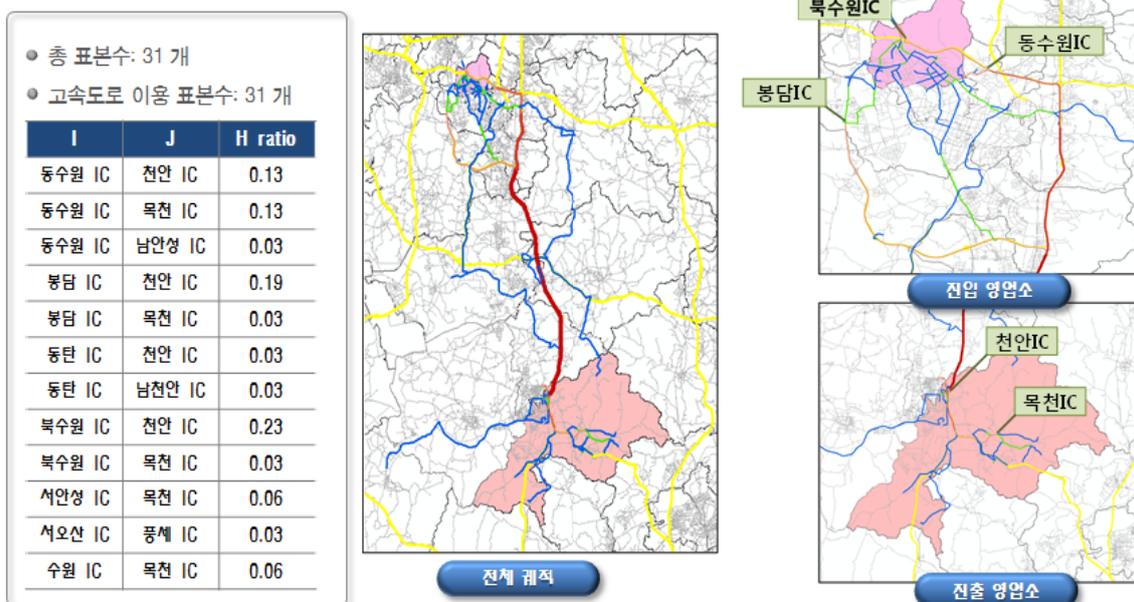
바. H값의 계산과 검증

- H_{rs}^{ij} 값은 KTDB 교통존 ij간을 통행하는 기종점 쌍 중 고속도로 영업소 r과 s간을 통과한 교통량 비율을 나타내는 값임
- H_{rs}^{ij} 값은 본 연구에서 KTDB 추정 OD의 정확도를 고속도로 TCS 실측자료를 통해 검증하기 위해 사용되며, H_{rs}^{ij} 값에 KTDB OD를 곱해 관측대상 기종점 교통량의 TCS OD 추정값을 계산하는데 사용됨
- 그러나 H_{rs}^{ij} 값 역시 내비게이션 자료를 통해 계산되었기 때문에 표본 수집상의 편기가 존재할 수 있고, 자료의 가공 과정에서 알고리즘에 의한 오차리가 발생할 수도 있어 검증이 필요함
- R_a^{ij} 값과 마찬가지로 H_{rs}^{ij} 값 역시 표본 기종점 쌍의 고속도로 이용 패턴을 확인하는 방법으로 검증을 수행하였음
- 개별 기종점 검증의 주목적은 내비게이션 자료자체의 오류나 H_{rs}^{ij} 처리 알고리즘에서 설정된 Default value나 계산 로직에 의해 불합리한 계산 결과가 존재하는지를 주로 검토하는 것임
- 분석을 위한 기종점 쌍 선정에서는 H_{rs}^{ij} 값의 특성을 고려해 R_a^{ij} 값 검증 시와는 다른 통행거리 구간을 적용하였는데, 이는 H_{rs}^{ij} 값이 유의하게 존재하기 위해서는 어느 정도 통행거리가 존재하여야 고속도로 이용 교통량이 존재할 수 있기 때문임
- 분석대상 기종점 쌍은 100km 이하 단거리 통행 기종점 쌍 2개, 100~250 km 구간의 중거리 통행 기종점 쌍에서 3개, 250km 이상 장거리 통행 기종점 쌍에서 3개씩 총 8개를 선정하였으며 분석대상으로 선정된 기종점 쌍은 <표 2- 53>와 같음
- 단거리 기종점으로는 수원시 장안구 → 천안시 동남구, 대전광역시 유성구 → 전주시 완산구가 선정되었음
- 중거리 기종점 쌍으로는 서울시 송파구 → 강원도 평창군, 서울시 강남구 → 대전시 유성구, 인천시 서구 → 전북 군산시가 선정되었음

<표 2- 53> Hijrs값 검증을 위한 KTDB 기종점 쌍 선정

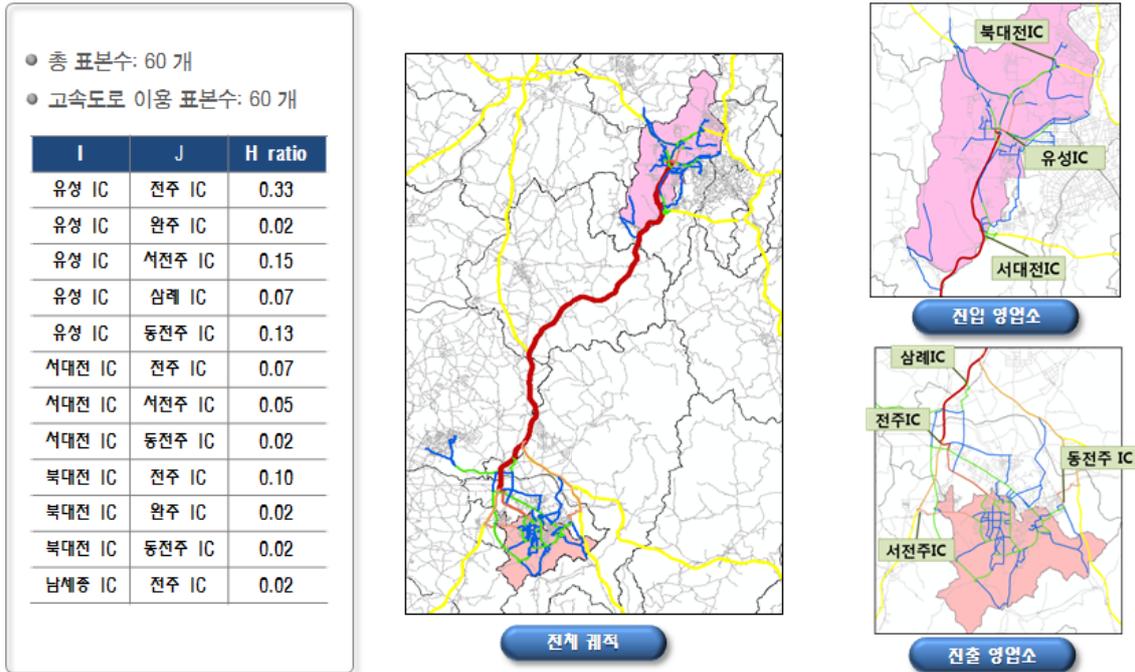
| 구분 | 기점 | 종점 | 통행거리 | 표본수 |
|-----------------|---------|---------|--------|-----|
| 단거리 (0~100km) | 수원시 장안구 | 천안 동남구 | 65 km | 31 |
| | 대전 유성구 | 전주 완산구 | 85 km | 60 |
| 중거리 (100~250km) | 서울 송파구 | 강원 평창군 | 165 km | 36 |
| | 서울 강남구 | 대전 유성구 | 170 km | 27 |
| | 인천 서구 | 전북 군산시 | 230 km | 31 |
| 장거리 (250km 이상) | 충남 아산시 | 부산 강서구 | 320 km | 37 |
| | 서울 용산구 | 부산 동구 | 395 km | 6 |
| | 서울 서초구 | 부산 해운대구 | 400 km | 7 |

- 마지막으로 장거리 기종점 쌍의 경우 충남 아산시 → 부산시 강서구, 서울시 용산구 → 부산시 동구, 서울시 서초구 → 부산시 해운대구를 선정하였음
- 단거리 첫 번째 기종점 쌍인 수원시 장안구 → 천안시 동남구 진행 통행의 경우 총 12개의 고속도로 영업소 쌍을 통과하는 것으로 나타남
- H_{rs}^j 값 분석 결과 대부분의 기종점 교통량이 고속도로를 이용하였으며, 진입 영업소는 동수원 IC와 북수원 IC로 29 (%)와 26 (%)의 차량이 유입되며, 고속도로 유출 영업소는 주로 천안 IC와 목천 IC가 이용되는 것으로 분석됨

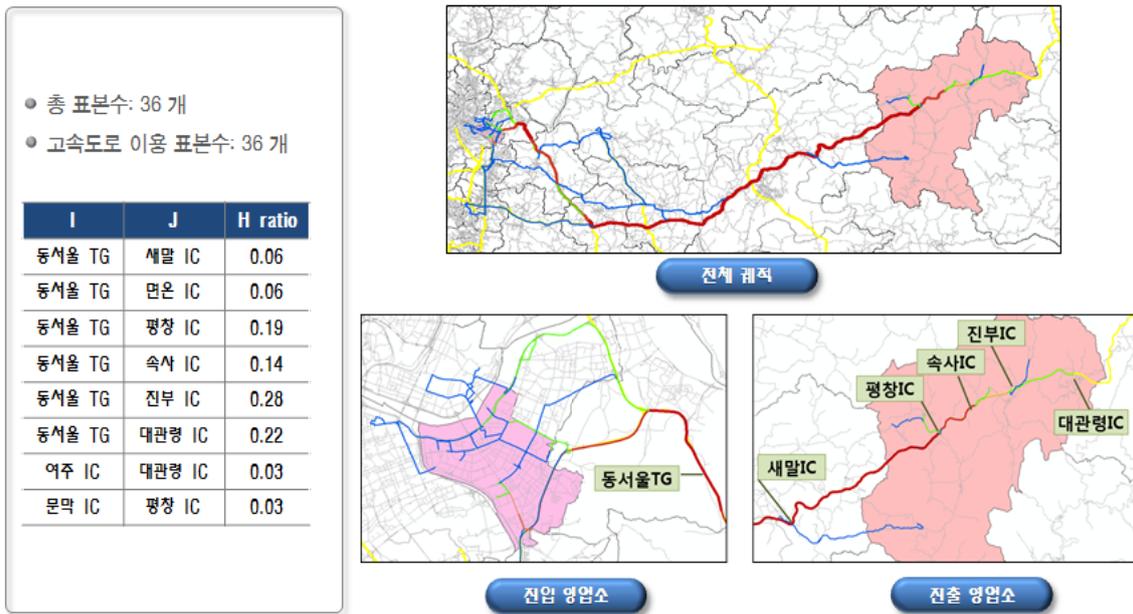


<그림 2- 97> 수원시 장안구 → 천안시 동남구 진출입 영업소 분포

- 다음으로 단거리 두 번째 예제의 기종점 쌍인 대전 유성구 → 전주 완산구 진행 통행의 경우 총 12개의 고속도로 영업소 쌍을 통과하는 것으로 나타남
- H_{rs}^{ij} 값 분석 결과 대부분의 기종점 교통량이 고속도로를 이용하였으며, 진입 영업소는 유성 IC와 서대전 IC, 북대전 IC 등이며 이중 유성 IC가 약 70 (%)의 차량이 유입되며, 고속도로 유출 영업소는 주로 전주IC와 동전주IC, 서전주 IC가 이용되는 것으로 분석됨

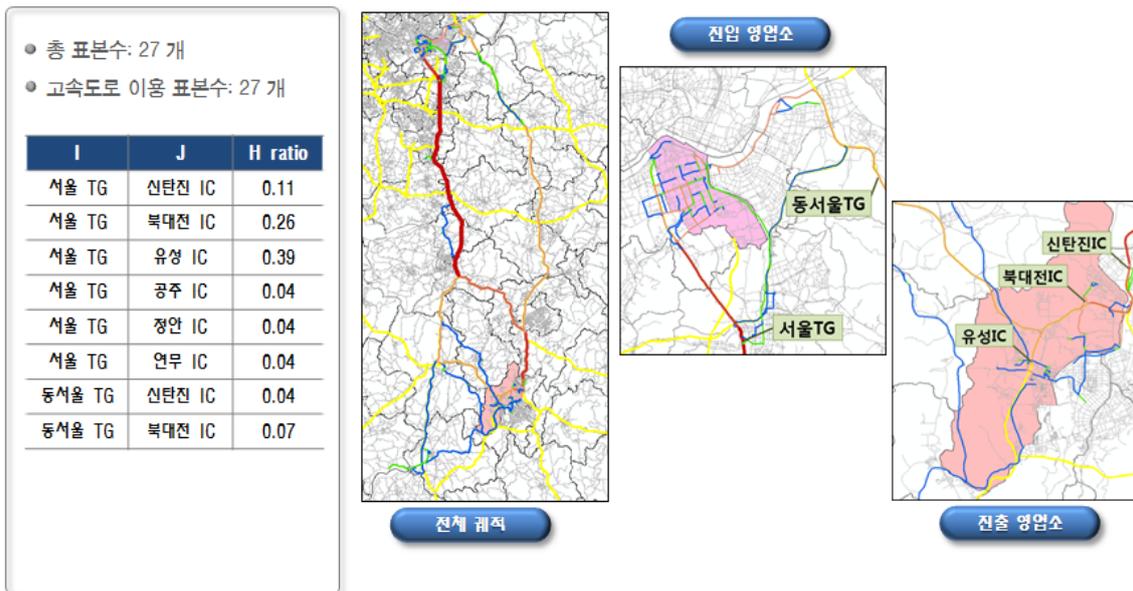


<그림 2- 98> 대전광역시 유성구 → 전주시 완산구 진출입 영업소 분포



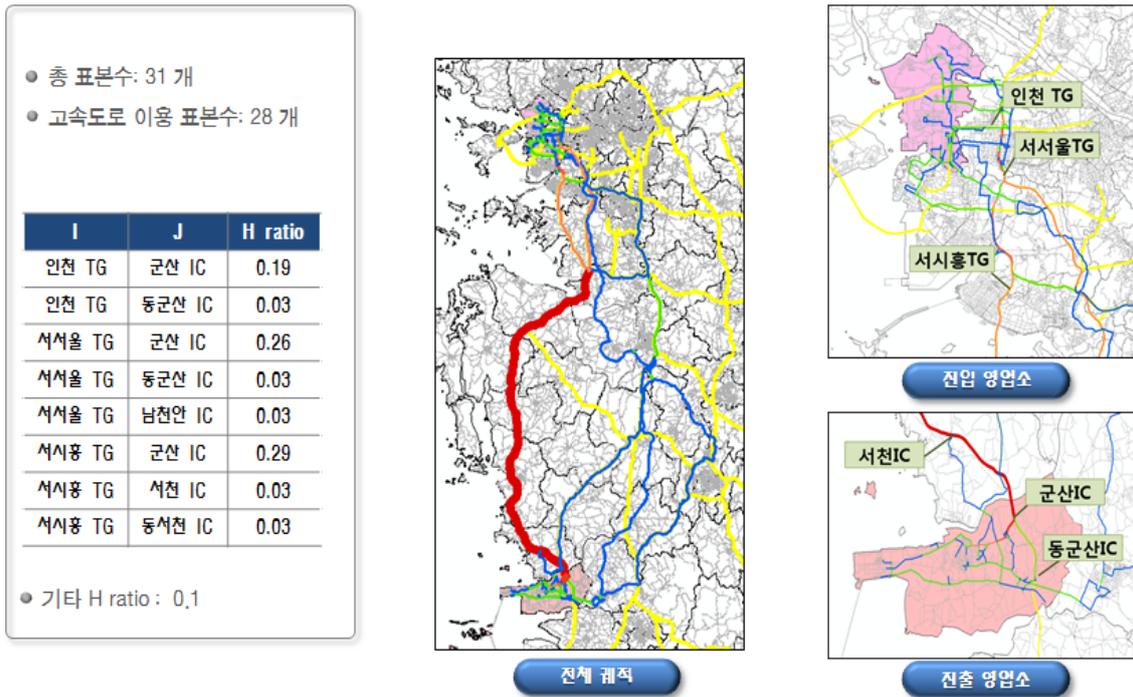
<그림 2- 99> 서울시 송파구 → 강원도 평창군 진출입 영업소 분포

- 중거리 첫 번째 기종점 쌍은 서울시 송파구 → 강원도 평창군으로 진행하는 통행으로서, 총 거리는 165 km, 분석에 사용된 궤적자료 표본수는 36개임
- 전체 차량들 중 가장 많은 비율을 차지한 영업소간 통행은 동서울 TG → 진부 IC로서 전체의 28 (%)이며, 두 번째로 많은 영업소간 통행은 동서울 TG → 대관령 IC로 진행하는 차량들임
- 전체 차량의 90 (%) 이상은 동서울 TG로 고속도로에 진입하였으나 진출 IC는 평창의 여러 IC에 다양하게 배분되어있음
- 진입 IC와 진출 IC의 분포와 기종점 존의 위치를 고려할 때 대부분의 궤적들이 모두 합리적인 고속도로 이용 패턴을 보이는 것을 확인하였음



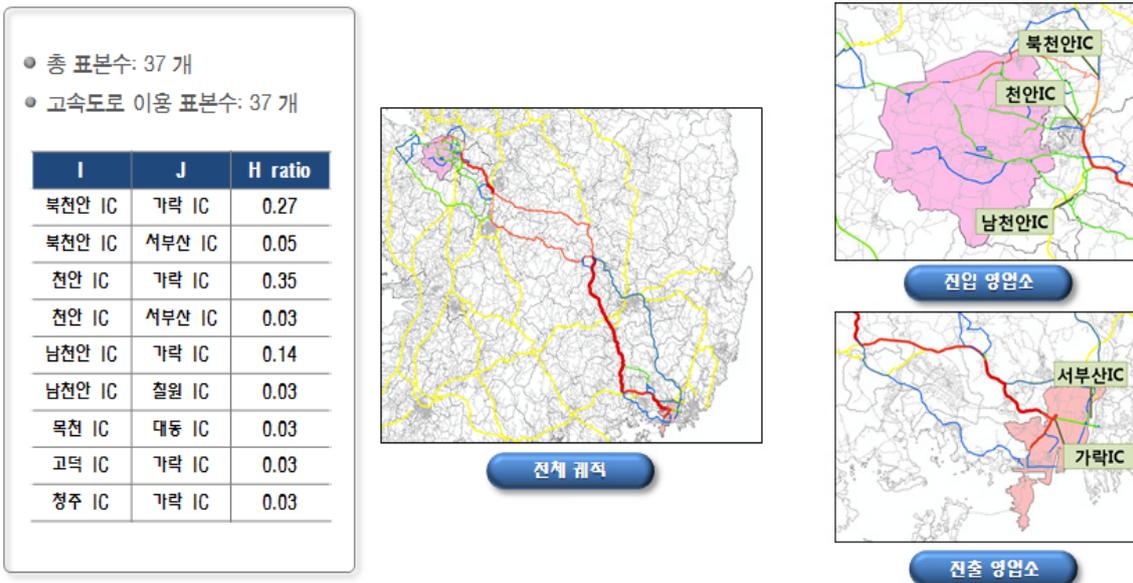
<그림 2- 100> 서울시 강남구 → 대전시 유성구 진출입 영업소 분포

- 중거리 통행 두 번째 기종점 쌍은 서울시 강남구 → 대전시 유성구로 진행되는 통행으로서 통행 거리는 170 km이며, 총 표본수는 27 개임
- 해당 기종점간 통행 차량들의 주요 진입 영업소는 서울 TG로서 약 90 (%)의 차량들이 이곳을 통해 고속도로에 진입하였고, 주 진출 영업소는 유성 IC, 북대전 IC, 그리고 신탄진 IC였음
- 모든 주요 고속도로 유출입 영업소들이 통행 기점 존과 종점 존에 인접하여 위치하여있기 때문에 현재의 H_{rs}^{ij} 값은 합리적인 경로 통행 패턴을 반영하고 있다고 볼 수 있음
- 동서울 TG를 이용하는 일부 차량이나 정안 IC나 연무 IC등을 이용하는 차량들은 기점 존과 종점존의 출·도착 위치가 영향을 주는 것이라 할 수 있음
- 현재 분석된 개별 진출입 영업소 분포는 합리적이라 할 수 있으나, 표본 숫자가 많지 않기 때문에 향후 분석을 통해 자료 수집기간을 늘려 좀 더 분포 및 비율의 신뢰도를 높여야 할 것임



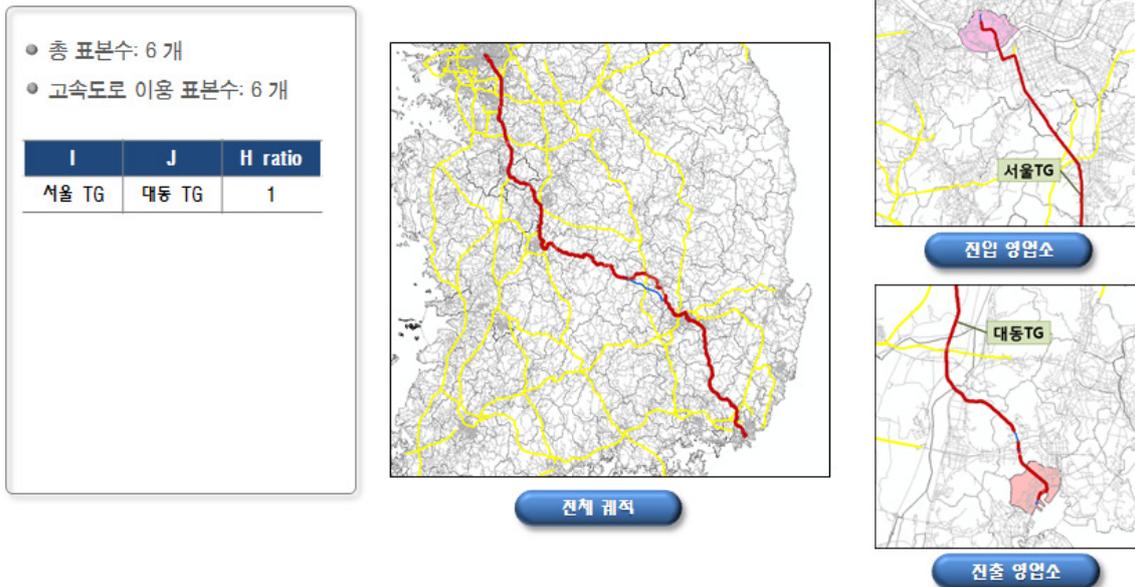
<그림 2- 101> 인천시 서구 → 전북 군산시 진출입 영업소 분포

- 중거리 세 번째 기종점 쌍은 인천시 서구 → 전북 군산시로 진행하는 통행으로서 통행거리는 230 km, 총 표본수는 31개 이었음
- 고속도로에 진입하는 영업소의 경우 주로 서서울 TG를 이용하였으며, 진출 영업소는 군산 IC 이었음
- 전체 차량의 90 (%)가 고속도로를 이용하였으며, 나머지 10 (%)는 국도를 이용하여 통행하였음
- 인천시 서구와 고속도로망의 관계를 볼 때 서서울 TG로 집중되는 고속도로 유입 교통량은 합리 적이라 판단되며, 군산시와 고속도로망 간의 관계를 고려할 때 군산 IC와 동군산 IC로 고속도로 유출교통량이 집중되는 것도 합리적이라고 판단됨
- 장거리 통행 기종점의 첫 번째는 충남 아산시 → 부산시 강서구로 진행하는 통행으로서, 통행거 리는 320 km이고 분석에 사용된 표본의 숫자는 총 37개였음
- 분석 결과 기점존 인 충남 아산시의 경우 북천안 IC, 남천안 IC, 천안 IC에서 나누어 고속도로 로 진입하였는데, 이는 각 차량의 출발지점과 고속도로망의 관계가 가장 큰 영향을 미친 것으로 추정됨

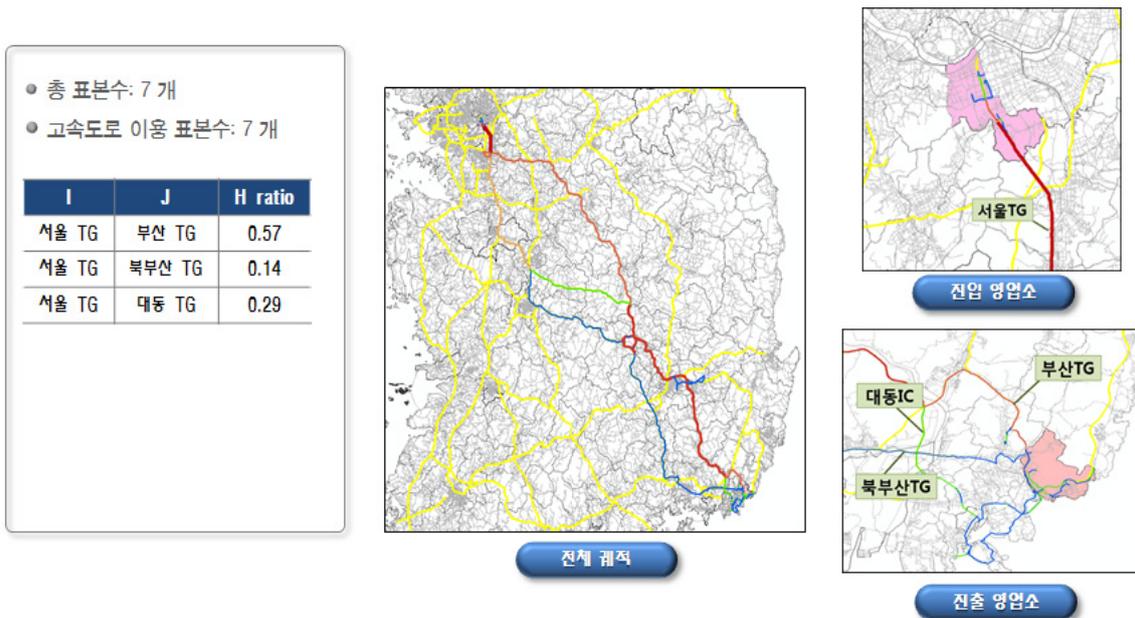


<그림 2- 102> 충남 아산시 → 부산시 강서구 진출입 영업소 분포

- 종점에서의 고속도로 유출 지점의 경우 대부분의 통행이 가락 IC에 집중되었으며, 일부 차량이 서부산 IC와 철원 IC등으로 나누어 유출하였음
- 부산 강서구의 경우 고속도로망과의 관계를 보면 존의 가장 중심에 가장 가깝게 연결된 영업소가 가락 IC이기 때문에 두 존 간의 고속도로 이용 통행의 유입 유출 지점은 합리적이라 판단됨
- 극히 일부 차량들이 부산에 접근하기 한참 전에 고속도로에서 진출한 뒤 국도를 이용하였는데, 하나 이상의 활동 참여를 위한 우회로 판단되며 이러한 통행은 전체 표본수를 증가시키면 상대적으로 그 비율이 줄어들 것으로 기대됨
- 장거리 통행의 두 번째 기종점 쌍은 서울시 용산구 → 부산시 동구로 진행하는 통행임
- 두 기종점 쌍 간의 모든 통행은 서울 TG에서 유입하여 대동 TG에서 고속도로를 빠져나왔음
- 패턴에 의해 파악된 모든 차량의 궤적들은 모두 합리적인 위치에서 고속도로로 진입하였다가 유출하였음
- 그러나 분석에 사용된 표본의 숫자가 6개에 불과하여 신뢰성 있는 유출입 위치를 정의하기 위해서는 보다 많은 숫자의 표본을 확보해야 함



<그림 2- 103> 서울시 용산구 → 부산시 동구 진출입 영업소 분포



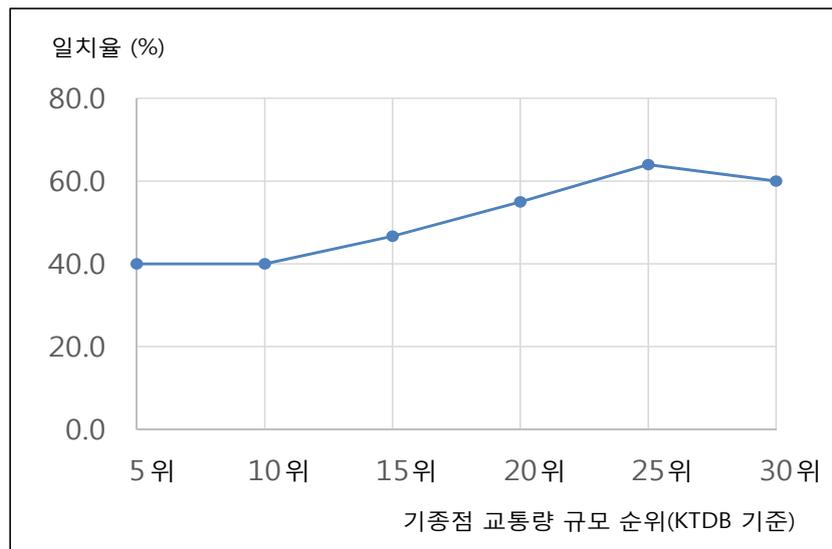
<그림 2- 104> 서울시 서초구 → 부산시 해운대구 진출입 영업소 분포

- H_{rs}^{ij} 값을 검증할 위한 마지막 장거리 기종점 쌍은 서울시 서초구 → 부산시 해운대구로 진행되는 통행임
- 해당 통행의 거리는 400 km이며, 분석에 이용된 표본의 숫자는 7개임
- 전체 차량의 50 (%) 이상은 서울 TG에서 진입하여 부산 TG로 진출하였으며, 그 밖에 북부산 TG와 대동 TG로 14 (%)와 29 (%)의 차량들이 진출하였음

- 부산 TG와 고속도로간의 위치관계를 고려할 때 대동 IC에서 유출된 차량들의 통행궤적은 지나치게 일찍 고속도로를 빠져나온 것으로 판단할 수 있으나, 현재 분석에 사용된 궤적의 숫자가 7개 이므로 현재의 유출 비율이 신뢰성이 있다고는 판단하기 어려움
- 따라서 표본 숫자를 늘려 신뢰성 있는 비율의 계산이 이루어져야 할 것임
- H_{rs}^{ij} 값 분석 결과를 정리하면 자료의 숫자와 관계없이 내비게이션 자료에 의한 고속도로 유출입 지점 정의는 모두 합리적인 결과를 도출하는 것으로 나타나 현재의 H_{rs}^{ij} 값에 의한 고속도로 통행배정은 합리적인 통행패턴을 도출할 것으로 예상됨
- 다만 유출입 지점의 합리적인 정의는 신뢰할 수 있으나, 각 유출지점의 분담 비율은 분석에 사용된 표본의 숫자가 너무 작을 경우 신뢰하기 어려움
- 따라서 분석 자료의 양을 늘려 보다 신뢰성 있는 H_{rs}^{ij} 값 DB를 구축하는 것이 필요함

사. 내비게이션 자료 및 TCS 자료를 통한 KTDB OD 기초 검증

- OD 추정에 앞서 내비게이션 자료와 TCS 자료를 이용하여 KTDB OD에 대한 기초 검증을 시행하였음
- 개별적인 OD 쌍에 대한 검증은 분석하기 어렵지만 OD의 총량이나 OD의 구조 및 특정 지역에 대한 검증은 현재 자료를 통해서도 가능함
- 먼저 내비게이션 자료를 이용한 KTDB의 거시 기초검증 작업을 수행하였음



<그림 2- 105> KTDB OD의 내비게이션 OD 규모순위 일치율 분석

- 개별 기종점간의 순위 차이를 분석하기 위하여 상위 30위에 대하여 KTDB OD의 내비게이션 OD 순위와의 차이의 평균값을 분석하였음

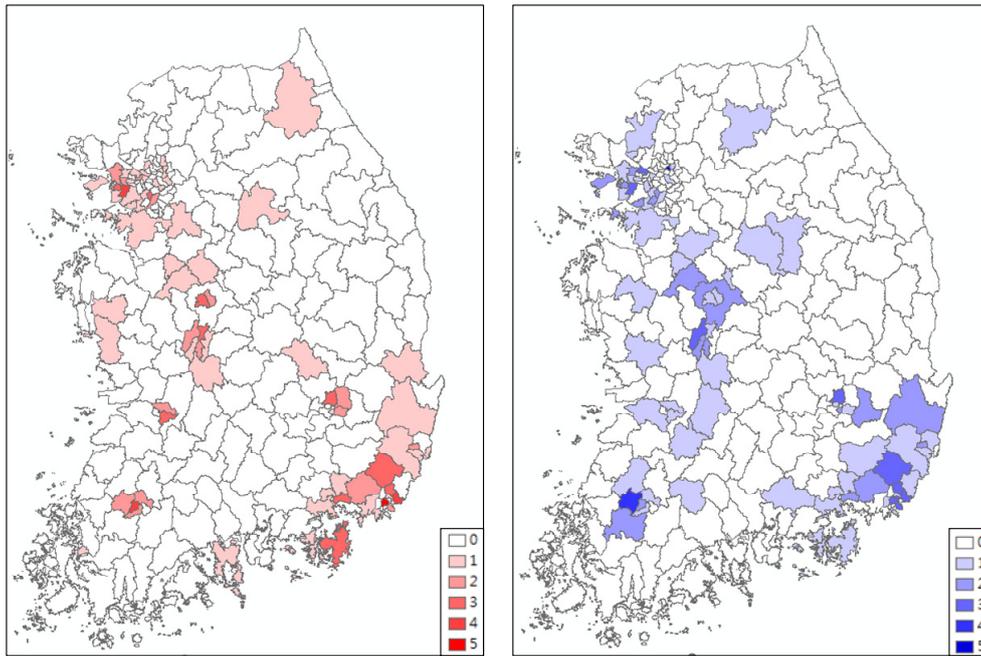
$$GAP_{KTDB-Navi} = AVE |Rank_{KTDB} - Rank_{Navi}| \quad (3)$$

- KTDB 상위 30위의 식 (3) Gap 값을 비교한 결과 평균 GAP은 28.33으로서 KTDB와 내비게이션 표본 OD의 평균적인 순위 차이는 28위 정도로 나타남
- 현재 분석 대상이 된 추정대상 기종점 쌍 개수가 2,379 임을 고려할 때 28위라는 편차는 1.18 (%) 순위오차를 의미하여 KTDB 상위 30위 기종점 쌍은 규모순위에 있어 내비게이션 OD와 편차가 매우 작음을 의미함
- 좀 더 상세한 분석을 위하여 전체 추정대상 기종점 쌍 2,379개에 대하여 내비게이션 OD와 오차를 분석을 수행하였음
- 전체 분석대상 2379개 기종점 쌍에 대하여 순위편차 1 (%)내, 5 (%)내, 10 (%)내에 해당하는 순위 차이는 각각 24위, 119위, 238위이면 허용편차 이내인 것으로, 이 순위보다 차이가 크면 편차가 큰 것으로 정의함
- <표 2- 54>에서 제시한 바와 같이 기종점 쌍 기준으로 보면 편차 1 (%)내인 기종점 쌍의 숫자는 총 126개로서 전체 2,379개 중 5.30 (%)에 해당하며, 5 (%) 이내의 순위편차를 갖는 기종점 쌍은 502개, 10 (%) 이내의 편차를 갖는 기종점 쌍 숫자는 총 854개 었음
- 이를 기준으로 분석하면 기종점 교통량 추정대상 KTDB OD 중 내비게이션 OD과 10 (%) 이내의 규모순위 차이를 보이는 기종점 쌍 비율은 약 36 (%)임
- 하지만 이러한 단순 순위 분석은 기종점 교통량의 규모를 고려하지 않은 것으로, 같은 기종점 쌍이라도 교통량이 많은 기종점 쌍일수록 순위간의 편차가 작아야 OD의 구조가 더 유사하다고 볼 수 있음
- 이를 위해 각 편차 (%)내에 속하는 기종점 쌍들의 교통량이 전체 KTDB 존간 기종점 교통량에서 어느 정도 비율을 차지하는지를 분석하였음
- 분석결과 순위오차가 1 (%) 내인 기종점 쌍의 교통량이 KTDB 전체 교통량에서 차지하는 비율은 16.10 (%), 총량기준으로는 3,099,481 대였음
- 순위오차가 5 (%) 이내인 기종점 쌍 교통량은 전체 KTDB 교통량의 46.88 (%), 10 (%) 이내인 기종점 쌍의 교통량의 비율은 65.47 (%)이었음

<표 2- 54> KTDB OD와 내비게이션 OD간 구조(structure)편차 분석- 표작성

| 편차분석 기준 | 편차정의 기준 | 편차내 | 편차내 비율 |
|---------|------------|------------|--------|
| 기종점 쌍 수 | 1% (24개) | 126 | 5.30% |
| | 5% (119개) | 502 | 21.10% |
| | 10% (238개) | 854 | 35.90% |
| | 계 | 2379 | - |
| 교통량 비율 | 1% (24개) | 3,099,481 | 16.10% |
| | 5% (119개) | 9,024,999 | 46.88% |
| | 10% (238개) | 12,605,428 | 65.47% |
| | 계 | 19,253,317 | - |

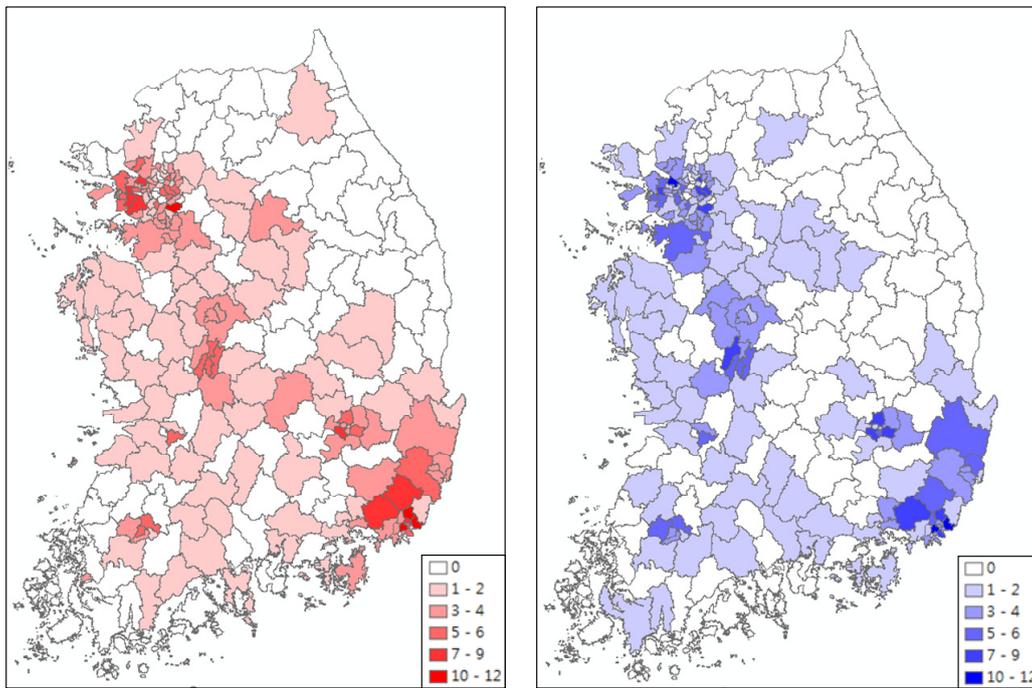
- 이 결과를 보면 기종점 쌍 수 기준 비율에 비하여 교통량 비율이 편차 내 비율이 2배에 이르는 사실을 볼 때 교통량이 많은 중요 기종점 쌍일수록 순위규모가 KTDB OD와 내비게이션 OD에서 차이가 많이 나지 않는다는 것을 알 수 있음
- 따라서 추정대상 기종점 2,379개에 한정시킨다면 KTDB OD는 내비게이션 OD와 구조에 있어 상당한 유사성을 보인다고 할 수 있음
- 특히 순위규모 오차 10 (%)내에 속하는 기종점 교통량 총계가 65.47 (%)라는 점은 현재 링크 교통량 기준의 정산 수준이 30 (%) 수준의 편차내에 위치하는 지점 비율이 30~40 (%) 수준임을 고려할 때, 실제 KTDB OD의 정확도는 링크교통량 재현을 기준을 통해 알려진 기존의 정확도에 비하여 상당히 더 높을 것으로 추측 됨
- 식 (3)에 의한 평균 GAP값 역시 이러한 추측을 뒷받침하는데 KTDB 교통량 10,000대 이상의 평균 규모순위 편차는 223.7, 30,000대 이상의 경우 91.4로서 전체 순위 2,379종의 편차율은 각각 9.40 (%)와 3.84 (%)임
- 따라서 교통량이 많은 주요 기종점에 대해서는 KTDB OD와 내비게이션 OD의 구조가 상당부분 일치함을 확인할 수 있고, 이는 KTDB OD의 신뢰도 뿐 아니라 내비게이션 자료 자체의 신뢰도를 입증하는 분석 결과라 할 수 있음
- 마지막으로 순위규모가 허용오차 범위 내에 속하는 기종점 쌍이 공간적으로 어떻게 분포하는지를 분석하였음
- 먼저 순위규모 오차를 1 (%)로 제한하였을 때 순위규모 오차가 1 (%) 이내인 기종점들은 그 숫자가 126개로 많지 않으나 대부분 대도시를 중심으로 분포하고 있음을 확인할 수 있음
- 기점과 종점에 대하여 각각 집계하였으나 공간적인 분포는 큰 차이를 보이지 않았음
- 허용 기준 편차를 5 (%)로 확장한 결과 허용 편차 이하의 기종점 쌍은 역시 대도시 중심으로 다수가 분포하였으나, 대도시 외 대도시 외곽부의 지역들도 상당수 허용 편차 내 기종점들을 포함하였음



(가) 기점기준

(나) 종점 기준

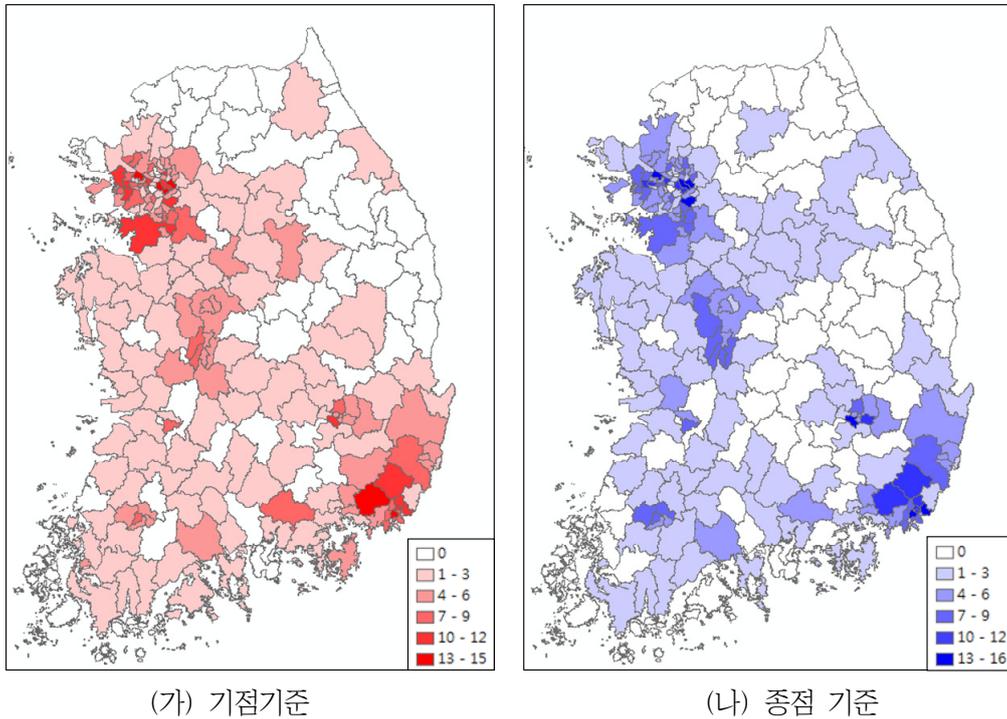
<그림 2- 106> KTDB OD와 내비게이션 OD간 순위규모 오차 1 (%) 기종점 공간분포



(가) 기점기준

(나) 종점 기준

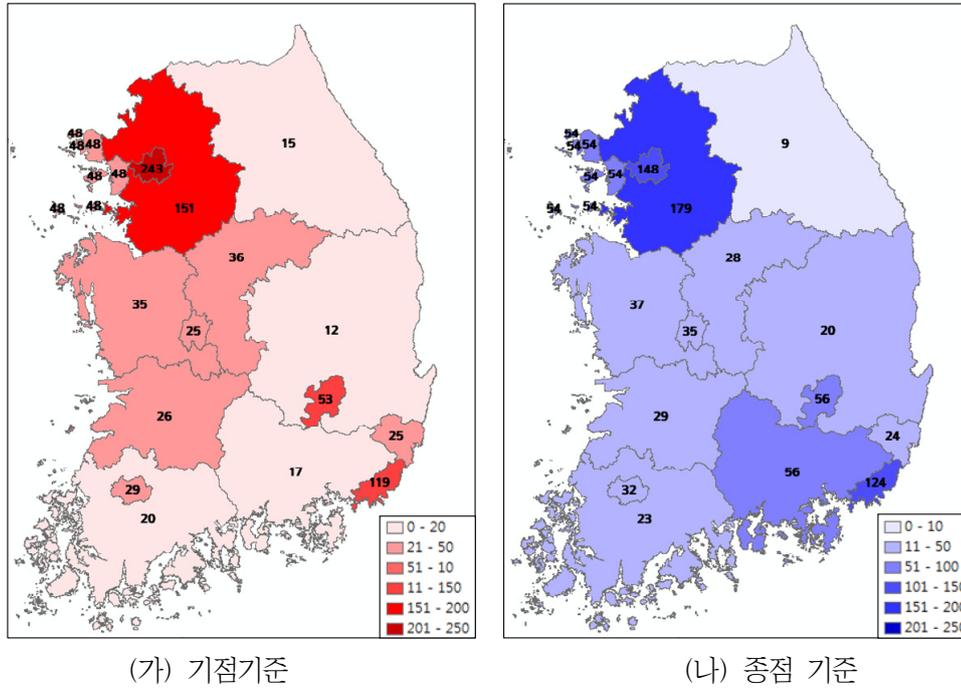
<그림 2- 107> KTDB OD와 내비게이션 OD간 순위규모 오차 5 (%) 기종점 공간분포



<그림 2- 108> KTDB OD와 내비게이션 OD간 순위규모 오차 10 (%) 기종점 공간분포

- 마지막으로 허용 편차를 10 (%)로 확장하였을 때의 분석 결과를 <그림 2-108>에 제시함
- 허용편차를 10 (%)로 설정한 경우 대부분의 대도시 인근지역들이 10 개 이상의 주요 기종점 쌍들이 순위규모가 일치하는 패턴을 보이고 있음
- 다만 강원 지역을 비롯한 지방 일부지역의 경우 순위규모 오차가 10 (%)내에 속하는 기종점 쌍이 전혀 없어 현재 KTDB OD와 내비게이션 OD의 구조가 상당한 차이를 보임을 확인할 수 있음
- 존별로 상세히 분석하면 일치율이 가장 높은 시군구는 1위가 부산진구로서 1 (%) 허용편차 시에 5개 기종점을, 10 (%) 허용편차 적용 시에 총 15개 기종점 쌍이 순위규모가 허용수준 이내였음
- 다음으로는 10 (%) 허용편차 기준으로 2위는 서초구, 3위는 송파구, 4위는 강서구, 5위는 김해시 등으로 모든 상위권 존들이 서울과 부산에 집중되었음
- <그림 2- 109>에서는 허용 오차 10 (%) 적용시 시도 단위의 허용편차 내 기종점 쌍 수의 분포를 제시하였음
- 시군구 분석에서 확인하였듯이 주요 대도시 및 통근권역에 허용 편차내 기종점 쌍이 집중되어 있음을 확인할 수 있음

- 이를 기준으로 보면 KTDB OD의 경우 대도시에서 내비게이션 OD와 OD의 구조가 유사한 것을 확인할 수 있으며, 현재의 KTDB OD 구축 기법이 교통량이 많은 기종점 쌍, 대도시 통행량에 대해서는 현실의 통행 패턴과 OD 구조에 대한 설명력이 있음을 확인할 수 있음



<그림 2- 109> OD간 순위규모 오차 10 (%) 이내 기종점 쌍 시도단위 공간분포

5. KTDB 기종점 통행량 분석결과 교차검토

- 본 연구에서는 첨단 교통자료의 하나인 내비게이션 차량계적 자료를 이용하여 KTDB 기종점 통행량의 신뢰수준을 검증하는 기술을 개발하고, 이를 통해 기종점 통행량의 신뢰성을 직접 검증하는 방법을 제시하였음
- 기존의 KTDB OD 교통량 검증의 경우 구축된 OD를 통행배정하여 관측교통량을 얼마나 근접하게 재현하는지를 기준으로 신뢰도를 분석하였음
- 그러나 이 기법의 경우 통행배정 교통량이 통행배정 모형의 정확도에 영향을 받기 때문에 기종점 통행량의 신뢰도만을 독립적으로 분석할 수는 없었음
- 따라서 본 연구에서는 내비게이션 표본자료를 이용하여 KTDB OD의 신뢰도를 직접 분석하였음
- 분석에 사용된 기법은 1) 내비게이션 자료의 OD 구조를 이용하여 현재 KTDB OD의 구조를 검토하였으며, 2) 두 번째로는 내비게이션 자료의 표본율을 계산하여 이를 통한 전수화를 수행한 뒤 기존의 기법과 같이 통행배정을 실시하여 관측교통량의 재현율을 분석하였음
- 3) 그밖에 관측교통량과 TCS OD자료 및 내비게이션 자료를 함께 이용하는 OD 추정모형을 구축하고 이를 이용한 신뢰도 검토 방안도 제시하였음
- 1)과 2)의 기법을 사용한 교차분석 결과 먼저 현재 KTDB OD의 구조는 내비게이션 표본 OD의 구조와 상당히 유사한 것으로 나타났음
- 순위 규모를 기준으로 분석하였을 때 현재 KTDB OD와 내비게이션 표본 자료는 유의미한 표본수가 존재하는 2,379개 기종점 쌍을 대상으로 10 (%) 편차 내에 35.90 (%)의 기종점 쌍이 속하는 것으로 분석되었음
- 이는 전체의 1/3 이상의 서로 상당히 유사한 공간적인 규모패턴을 갖는 것이라 할 수 있음
- 이를 기종점 교통량 기준으로 재분석하면 전체 KTDB OD 교통량의 65.47 (%)는 내비게이션 표본 OD와 10 (%) 이하의 규모순의 오차를 나타냄
- 이는 즉 KTDB의 교통량이 많은 중요 기종점 쌍들은 내비게이션 자료와 공간적인 패턴 특성이 상당히 유사함을 의미하는 것임

- 또 이러한 분석이 시사하는 점은 내비게이션 표본 자료 역시 많은 수집상의 편기문제나 오류에도 불구하고 OD 구축에 사용될 수 있는 가치가 충분한 자료임을 보여주는 것임
- 본 연구에서는 이를 위해 기종점들을 TLFD에 따라 그룹화 한 뒤 내비게이션 자료의 전수화를 그룹별로 KTDB OD 교통량 총량을 보존하는 방식으로 진행하였음
- 이러한 분석을 수행한 배경은 내비게이션 자료의 표본율 분석 결과 내비 자료는 도시부와 지방부, 통행거리별로 표본율에 상당한 편차가 있음을 확인하였기 때문임
- 이러한 그룹별 전수화 결과 표본 OD를 그대로 사용하는 것에 비하여 관측교통량 재현율이 크게 높아지는 것을 확인하였음

<표 2- 55> KTDB OD와 조정 내비게이션 전수화 OD간 구조분석

| 편차분석 기준 | 편차정의 기준 | 편차내 | 편차내 비율 |
|---------|------------|------------|--------|
| 기종점 쌍 수 | 1% (24개) | 125 | 5.25% |
| | 5% (119개) | 517 | 21.73% |
| | 10% (238개) | 890 | 37.41% |
| | 계 | 2,379 | - |
| 교통량 비율 | 1% (24개) | 3,266,051 | 16.96% |
| | 5% (119개) | 9,526,939 | 49.48% |
| | 10% (238개) | 13,032,673 | 67.69% |
| | 계 | 19,253,317 | - |

- <표 2- 55>는 조정 내비게이션 전수화 OD와 KTDB OD간의 구조를 비교한 것임
- 분석 결과 10 (%) 오차 이내에서 기종점 쌍 기준으로는 약 2(%), 교통량 기준으로도 약 2(%) 정도 KTDB와 전수화 OD 간 유사성이 높아진 것을 확인할 수 있음
- 이를 좀 더 상세히 분석하기 위하여 <표 2- 56>에서는 30 (%)이내의 오차범위 내에서 두 기종점표의 구조적 유사성을 비교하였음
- 분석 결과 조정 전의 경우 87.54 (%), 조정 후의 경우 88.60 (%)로서 미세하지만 조정 후 구조 유사성이 높아진 것을 확인할 수 있음
- 이러한 분석 결과에 따르면 향후 내비게이션 표본 OD의 전수화에 있어 기종점 쌍의 특성을 명확히 정의하고, 이를 이용하여 기종점 쌍을 그룹화한 뒤 전수화 과정에서 이를 반영하는 연구가 필요할 것으로 판단됨

- 그밖에 복수의 첨단 자료를 이용한 OD추정 모형 구축의 경우 TCS OD가 향후 KTDB OD 추정에 있어 핵심적인 역할을 할 자료임을 확인하였음

<표 2- 56> 내비게이션 비전수화 OD와 전수화 OD간 구조(structure)편차 비교 분석

| 편차분석 기준 | 편차정의 기준 | 편차내 비율 | |
|---------|------------|----------|----------|
| | | 조정전 내비OD | 조정후 내비OD |
| 기종점 쌍 수 | 1% (24개) | 5.30% | 5.25% |
| | 5% (119개) | 21.10% | 21.73% |
| | 10% (238개) | 35.90% | 37.41% |
| | 30% (714개) | 65.45% | 67.04% |
| 교통량 비율 | 1% (24개) | 16.10% | 16.96% |
| | 5% (119개) | 46.88% | 49.48% |
| | 10% (238개) | 65.47% | 67.69% |
| | 30% (714개) | 87.54% | 88.60% |

제5절 KTDB VDF 정산 현행화 및 일전환계수 검토

1. VDF 정산 현행화 필요성

- 일반적인 통행자들은 자신의 통행기종점에 대한 경로를 선택함에 있어 통행비용을 최소화하는 경로를 선택함
- 여기서, 통행자들의 통행비용은 선호 기준에 따라 통행에 소요되는 비용 또는 통행시간이 될 수 있음
- 이중 고속도로를 통행하는 이용자들은 추가적인 통행비용(고속도로 통행료)을 지불하고, 자신의 통행시간을 감소시킬 수 있는 경로를 선택한 것임
- 즉, 고속도로 통행료는 통행시간가치라 할 수 있으며, 통행시간가치는 교통서비스를 이용하는 사람이 통행시간을 단축하기 위하여 지불할 용의가 있는 금전적 가치를 의미함
- 이렇게 통행시간가치는 실제 수요분석에 있어 통행자의 중요한 행태적 요인으로 작용하며, 수요분석에서 현실성을 반영하기 위해서는 고속도로 링크의 VDF 함수에 합리적인 유료도로 가중치를 적용해 줄 필요성이 있음
- 유료도로 가중치는 고속도로와 같은 유료도로를 통행할 때 금전적 비용을 시간으로 환산한 값으로, 이는 도로이용자의 경로선택이 통행료에 영향을 받는 행태를 반영하기 위한 것임
- 본 연구진은 지난 과업에서 다차로도로의 VDF 등급을 교차로 밀도를 고려하고, 지방부와 도심부를 구분하여 VDF 함수의 용량, 자유속도, 파라미터 (a , β)를 추정하였음
- 또한, 유료도로 가중치 산정 연구를 수행하였으나 매년 갱신되는 유료도로 요금을 고려하여 실제 지불 요금수준이 적용되도록 현재의 요금가중치를 현실적으로 반영할 필요성이 있음
- 본 과업에서는 최근에 갱신된 유료도로 통행요금 체계 등을 고려하여 유료도로 가중치, 일전환계수 등 VDF 관련 자료 갱신에 따른 VDF 파라메타 정산 현행화를 수행코자 함

2. 통행시간 가치 현행화 방법론

- 분석에 앞서 KTDB VDF의 구성요소를 살펴보면 크게 2가지 종류로 분류할 수 있음
- 첫 번째는 VDF 기본식 자체를 성립하게 하는 필수 구성요소와 두 번째로 현재 교통수요 분석체계에서 VDF를 활용하기 위해 필요한 추가적인 구성요소가 있음

$$T = T_0 \left(1 + \alpha \left(\frac{v}{c} \right) (\text{일전환계수})^\beta \right) + \text{유료도로가중치}$$

여기서, T : Link 통행시간(일반화 비용, 분)
 T_0 : Link 자유통행시간(링크길이/자유속도)
 v : Link 교통량
 c : Link 용량
 α, β : 파라미터

<그림 2- 110> KTDB VDF의 구성요소 (KOTI, 2014)

- VDF의 필수 구성요소는 BPR 식의 기본 파라메타인 α , β , 자유속도, 용량이 있으며, 이 4가지 변수가 모두 구축되어야 VDF가 온전히 성립되었다고 할 수 있음
- VDF 부가 구성요소는 일전환계수와 유료도로 가중치가 있으며, 일전환계수는 1시간 용량을 1일 용량으로 전환시켜주는 역할을 하며, 유료도로가중치는 요금을 링크 통행시간에 반영해주는 역할을 함
- 앞서 언급하였듯이 본 연구진은 지난 과업에서 새로운 도로 등급체계(32등급)로 VDF 함수의 용량, 자유속도, 파라미터 (α , β)를 추정하였음
- 하지만, 유료도로 가중치와 일전환 계수는 최근 자료 갱신을 통해 현행화 할 필요성이 있음
- 유료도로 가중치는 VDF의 부가 구성요소로서 고속도로와 같은 유료도로를 통행할 때 금전적 비용을 시간으로 환산하기 위한 식임
- 유료도로 가중치는 차종별(승용차, 버스, 트럭 등)에 대한 시간가치와 통행요금에 다르기 때문에 수단을 구분하여 각각의 수단에 대한 유료도로 가중치 값을 구축하게 됨

- 유료도로의 가중치를 반영하기 위해서는 요금의 적용 형태에 따라 폐쇄식 요금소와 개방식 요금소로 구분하여야 함
- 유료도로 요금 가중치 산출방법은 다음과 같음

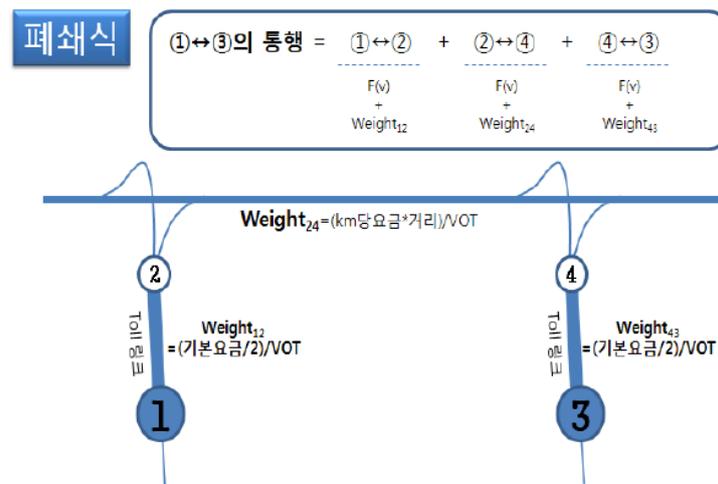
$$t_i = t^0 \times [1 + a(\frac{V_i}{C_i})^B] + Weight_i = F(V) + Weight_i \quad (1)$$

여기서, If (i 폐쇄식 Toll링크), $Weight_i = [기본요금 \div 2] \div VOT$

If (i 폐쇄식 본선링크), $Weight_i = [km당 요금 \div Length_i] \div VOT$

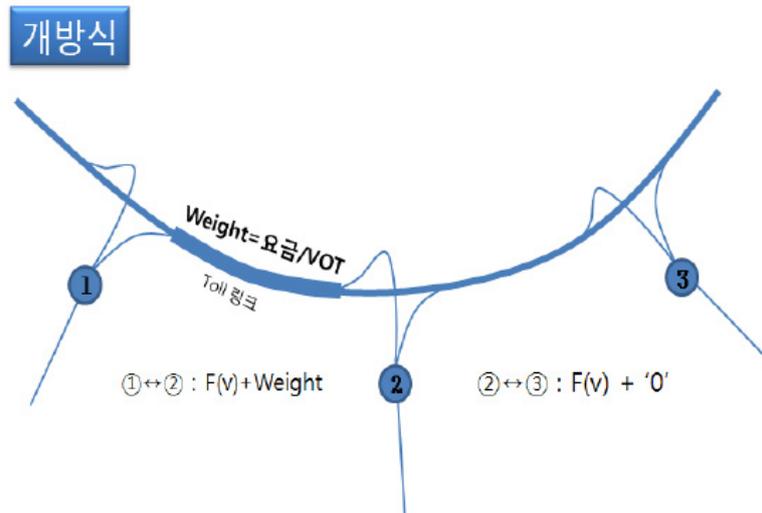
If (i 개방식 Toll링크), $Weight_i = [요금] \div VOT$

- 먼저, 폐쇄식 요금소 유료도로 가중치의 경우 요금소에서의 기본요금과 본선에서 km당 주행 기준으로 운영되고 있어 이를 각각 구축해 주어야 함



<그림 2- 111> 폐쇄식 유료도로의 요금 반영 (KOTI, 2014)

- 폐쇄식 요금소 유료도로 가중치 반영은 다음과 같은 과정으로 분석됨
- 1) 요금 및 통행시간가치 산출, 2) 폐쇄식 본선 요금 가중치 산출, 3) 폐쇄식 요금소 가중치 산출
- 다음으로 개방식 요금소 유료도로 가중치의 경우 요금소에만 요금이 부과되기 때문에 요금소에 대한 유료도로 가중치를 구축하게 됨



<그림 2- 112> 개방식 유료도로의 요금 반영 (KOTI, 2014)

- 개방식 요금소 유료도로 가중치 반영은 다음과 같은 과정으로 분석됨
- 1) 요금 및 통행시간가치 산출, 2) 폐쇄식 요금소 가중치 산출
- 이상 제시한 내용은 일반적인 재정고속도로에 대한 유료도로 가중치 산정 방법 이였음
- 다음으로 일전환계수에 대한 검토가 필요하며, 현재 KTDB 수요 분석 자료는 수요분석 OD 경우 1일 통행 기준으로 제공되고 있지만, 네트워크의 VDF 용량은 1시간 단위로 제공되고 있어 전일배정의 기준을 맞추기 위해서는 VDF 용량을 1일 단위로 환산할 필요성이 있음
- 일전환 계수는 수요 분석 과정에서 네트워크의 용량과 통행속도 등 수요에서 편익까지 전체적인 영향을 미치므로 합리적인 값을 도출할 필요성이 있음

<표 2- 57> KTDB VDF 적용 일전환계수(현재)

| 구분 | 일전환계수 |
|--------|-------|
| 고속도로 | 0.078 |
| 도시고속도로 | 0.078 |
| 비연속도로 | 0.106 |

3. 내비게이션 자료를 활용한 일전환계수 검토

- 본 연구에서는 내비게이션 자료를 활용하여 KTDB VDF의 일전환계수를 검토하였음
- 내비게이션 자료를 활용할 경우 기존 3가지 도로등급 (고속도로, 도시고속도로, 비연속도로)로 구분된 일전환계수 값을 좀 더 세부적으로 특정 기간별, 도로 등급별, 도시/지방부 별로 추정이 가능함
- 이렇게 세분화 된 일전환계수를 고려할 경우 급변하는 통행패턴에 대한 반영이 가능하고, 현실적인 요소를 반영하기에 보다 신뢰성 있는 수요 예측이 가능할 것으로 판단됨
- 따라서, 본 연구에서는 2014년 10월 16일 내비게이션 데이터로 도로 등급별, 도시/지방부별 일전환계수를 추정하였음
- 분석 방법으로는 내비게이션 Raw Data를 Python 프로그램을 통해 다음 <표 2- 58>과 같이 도로등급, 도시/지방부, 시간대 별로 가공 및 정리하였음

<표 2- 58> 일전환계수 산정을 위한 내비게이션 데이터 가공

(단위: 대)

| link_ID | 도로 등급 | 도시 /지방 ¹⁾ | 합계 | 07~08시 | 08~09시 | 17~18시 | 18~19시 | 19~20시 |
|-------------|-------|----------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|
| 54310185601 | 0 | 1 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 54310185602 | 0 | 1 | 7 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 41350681801 | 0 | 0 | 21 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 41860087402 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 |
| 41860087401 | 0 | 0 | 13 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 41350681802 | 0 | 0 | 20 | 1 | 0 | 0 | 3 | 4 |
| 47781062302 | 0 | 1 | 48 | 2 | 1 | 2 | 2 | 6 |
| 47781062301 | 0 | 1 | 26 | 1 | 3 | 0 | 1 | 2 |
| 58480045801 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 67650023802 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 56880294402 | 0 | 0 | 40 | 5 | 4 | 1 | 4 | 4 |
| 56880294401 | 0 | 0 | 53 | 2 | 0 | 2 | 6 | 6 |
| 44821489501 | 0 | 1 | 240 | 13 | 24 | 15 | 17 | 14 |
| 57173175002 | 0 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 57173175001 | 0 | 1 | 17 | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

1) 도로등급 및 도시/지방부 구분은 아라비아 숫자로 구분(ex. 도시부: 1 , 지방부: 0)

- <표 2- 59>와 같이 전체 네트워크상에 내비게이션 샘플이 존재하는 모든 도로를 주요 침투 시간대 별로 정리하였고, 이 값을 활용하여 <표 2-59>와 같이 시간대별, 도시/지방부 별 계수를 추정하였음

- 시간대 별 계수 값은 해당 조건 (도로등급, 도시/지방부) 도로들을 카테고리 별로 집계하여 전체 합계 대비 각 도로 집단이 차지하고 있는 비율을 분석하였음
- 분석결과 고속도로와 도시고속의 경우 17~18시의 계수 값이 가장 크게 나타났으며, 일반국도의 경우 도시부는 18~19시 지방부는 17~18시에 계수 값이 크게 나타났음
- 이렇게 추정된 계수 값이 특정 1일치 값을 기준으로 분석하였기에 명확하다고 할 수는 없으나 세부적으로 계산이 가능한 것을 확인할 수 있음
- 본 연구에서 분석한 일전환계수 값과 기존 KTDB의 일전환계수를 산정한 결과는 다음 <표 2- 60>과 같음
- 분석 결과를 보면 값을 비교하였을 때 두 값 간에 큰 차이는 보이지 않으나, 내비게이션 자료를 통해 추정한 계수 값이 좀 더 작게 추정되었음
- 결과를 통해 어떠한 값이 더 참값이라 하기는 어려우나 내비게이션 자료를 활용하여 세부적인 항목으로 계수를 산정하였다는데 의의가 있음
- 그리고, 현재 내비게이션 자료의 표본율이 낮아 값에 대한 신뢰성이 낮으나, 향후 전수화에 가까운 자료가 확보될 경우 보다 신뢰성 있는 결과 값을 산정할 수 있을 것으로 판단됨

<표 2- 59> 내비게이션 자료를 활용한 시간대 별 계수 산정

| 구분 | | 07~08 | 08~09 | 17~18 | 18~19 | 19~20 |
|--------|-----|-------|-------|--------------|--------------|-------|
| 고속국도 | 도시부 | 0.054 | 0.055 | 0.066 | 0.062 | 0.049 |
| | 지방부 | 0.040 | 0.047 | 0.075 | 0.063 | 0.048 |
| 도시고속도로 | 도시부 | 0.055 | 0.054 | 0.058 | 0.057 | 0.048 |
| | 지방부 | - | - | - | - | - |
| 일반국도 | 도시부 | 0.057 | 0.062 | 0.063 | 0.065 | 0.054 |
| | 지방부 | 0.059 | 0.066 | 0.073 | 0.072 | 0.049 |

<표 2- 60> 일전환계수 비교 (내비게이션 자료vsKTDB)

| 구분 | | 내비게이션 | KTDB |
|--------|-----|--------------|--------------|
| 고속국도 | 도시부 | 0.066 | 0.078 |
| | 지방부 | 0.075 | |
| 도시고속도로 | 도시부 | 0.058 | 0.078 |
| | 지방부 | - | |
| 일반국도 | 도시부 | 0.065 | 0.106 |
| | 지방부 | 0.073 | |

제3장 경전철 수요분석 방안 연구

제1절 과업 개요

제2절 경전철 수요분석 사례 조사

제3절 경전철 수단선택모형 적정성 검토

제4절 통행배정 이용 경전철 수요분석
방안

제5절 결론

제3장 경전철 수요분석 방안 연구

제1절 과업 개요

- 1992년 8월 부산·김해경전철이 경전철 시범사업으로 선정된 이후 여러 지자체는 경전철 사업을 도시교통문제를 해결하는 동시에 시정홍보를 위한 매력적인 수단으로 추진되어옴
- 현재, 부산·김해경전철, 부산 4호선, 의정부경전철, 용인경전철, 대구도시철도 3호선의 5개 노선이 운영 중에 있고 서울 우이~신설 경전철, 인천도시철도 2호선이 공사 및 개통 준비 단계에 있음
- 현재 운영 중인 대부분의 경전철의 경우, 개통 후 수송실적이 당초 수요예측과 상당한 차이를 보이고 있어 경전철 수요분석을 위한 기준 및 방법론의 부재가 지적되고 수요분석 정확성 제고에 대한 요구가 증대되고 있음
 - 감사원에서는 2013년 경전철 건설사업 추진실태 감사에서 경전철 수단분담률 추정 기준인 경전철 별도의 수단선택모형 정립을 요구
- 이에 본 연구는 국가교통DB(Korea Transport Data Base)를 기초자료로 활용하여 경전철 사업 교통수요분석 방안을 검토하고자 하며 주요 검토 내용으로 다음과 같은 연구를 수행하고자 함
 - 수단선택모형 접근 : 경전철 수단선택모형(효용함수) 적용 적정성 검토
 - 통행배정방법 접근 : 부산·울산광역시권 사례 수요분석 방안 검토
- 경전철 수단선택모형 등의 통행특성은 경전철 운행특성 및 운행지역에 따라 특성이 다르며 일반화하여 모형을 개발하기에는 다소 무리가 따른다고 판단되어 분석대상 지역을 선정하여 사례분석을 수행함
- 본 연구에서는 국내 최초의 경전철 사업으로 추진된 부산4호선(2011.03.개통)과 부산·김해 경전철(2011.09.개통)이 운행되어 경전철이 하나의 수단으로서 비교적 안정화 단계에 접어들었다고 판단되는 부산·울산광역시권을 대상으로 분석 및 검토를 수행함

제2절 경전철 수요분석 사례 조사

1. 국내 경전철 현황

가. 경전철의 정의

- 신교통수단으로써 최근 각광받고 있는 경전철은 넓은 의미로 기존의 중전철(지하철)과 버스의 중간 정도의 수송능력을 갖춘 대중교통수단으로 정의되며, 트램, 소형전철, 궤도버스, 자기부상 열차 등을 포함함¹⁾
- 국토교통부(2012)의 「경전철 민간투자사업 업무처리지침」에서는 다른 신교통수단과 분리하여 경전철을 아래와 같이 정의하고 있음
 - “경전철이란 모노레일 형식, 노면전차형식, 철제차륜형식, 고무차륜형식, 선형유도전동기형식, 자기부상 추진형식 등으로 운행되고, 차량 최대 설계축중 13.5톤 이하(분포하중의 경우 단위 미터당 2.8톤 이하)의 전기철도를 말한다.”

나. 국내의 경전철과 수요분석 방법

- 현재 국내에서 운영 중인 경전철은 부산·김해경전철, 부산 4호선, 의정부경전철, 용인경전철, 대구도시철도 3호선의 5개 노선이 있음
 - 현재까지 국내에 도입된 경전철은 도로 및 보행 교통류와는 완전 분리된 ROW(Right Of Way) Category A 형태로 운영되며, 표정속도는 지하철과 비슷한 수준임
 - 기존의 수도권 및 광역권 도시철도와 경쟁수단이 아닌 지역 연계수단으로의 역할을 담당
- 현재 운영 중인 경전철 외에도 서울 우이~신설 경전철, 인천도시철도 2호선이 공사 및 개통 준비 단계에 있음
- 경전철 사업의 타당성 검토는 일반적으로 지자체의 사전타당성 검토, 기획재정부의 예비타당성조사, 국토교통부의 타당성 평가 순으로 진행됨
 - 국토교통부(2012)의 「신교통수단선정 가이드라인 안내서」에서는 신수단 도입의 적정성을 개략적으로 검토할 수 있도록 가이드라인을 제시하고 있음

1) 참고자료 : 두산백과, (2016).

- 예비타당성 조사와 타당성 평가는 각각 한국개발연구원(2008)의 「도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판)」과 국토교통부(2011)의 「교통시설 투자 평가지침(제4차개정)」에 따라 수행됨
- 예비타당성조사부터는 경전철 사업의 교통수요를 추정하기 위한 방법으로 4단계 교통수요분석 모형을 사용하며, 분석 기초자료로써 국가교통DB를 사용하고 있음
 - 다만, 경전철 수요분석을 위한 명확한 기준 및 방법론의 부재로 최근 수요분석 정확성 제고에 대한 요구가 증대되고 있음
- 4단계 모형을 이용한 경전철 사업의 교통수요분석 시 쟁점사항으로는 다음과 같음
 - 수단선택모형에서 경전철을 도시철도와 독립적인 별도의 대안으로 고려할 것인지 여부
 - 수단선택모형에서 경전철을 별도의 대안으로 분리하지 않지만, 경전철이 포함된 대안(도시철도) 내 효용함수 구축 시 경전철 특성변수를 반영할 것인지 여부
 - 수단선택모형에서 경전철을 별도의 대안으로 분리하지 않고, 통행배정모형에서 네트워크 속성 및 일반화가중치 등을 적용함으로써 경전철 특성을 반영할 것인지 여부
- 국내에서 위와 같은 쟁점사항이 존재하는 가운데, 해외에서는 어떠한 방법으로 경전철 수요 분석이 이루어지는 지 수단선택모형과 통행배정모형을 중심으로 조사하였음
 - 특히, 수단선택모형에서 경전철을 어떻게 고려하고 있는지를 중점적으로 검토하였음

2. 해외 경전철 수요분석 사례

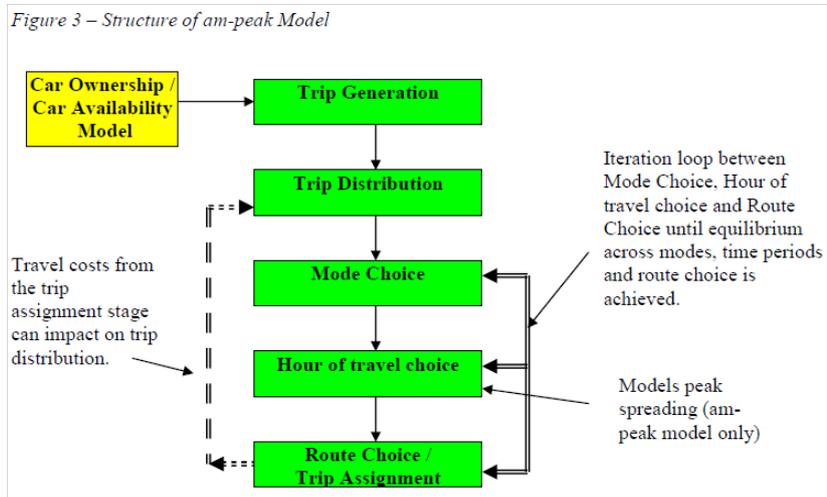
- 해외 경전철 수요분석 사례는 자료 수집의 어려움으로 경전철 사업의 타당성 평가 단계가 아닌 현재 경전철이 운행 중인 지역의 경전철 수요분석사례를 조사하였음

가. 아일랜드 더블린 권역²⁾

- 아일랜드 더블린권역의 수요분석모형은 am-peak, off-peak모형으로 나뉘어 분석을 수행함
- 두 모형 모두 전통적인 4단계 모형을 기반으로 하며, 추가로 am-peak모형은 첨두시간 통행 분산과 관련한 출발시간선택 모형이 포함되어 있음
- 네트워크는 도로네트워크, 대중교통네트워크 분리하여 분석을 수행하며, O/D는 07:00~10:00 (am-peak), 14:00~15:00(off-peak)의 시간 O/D를 사용함

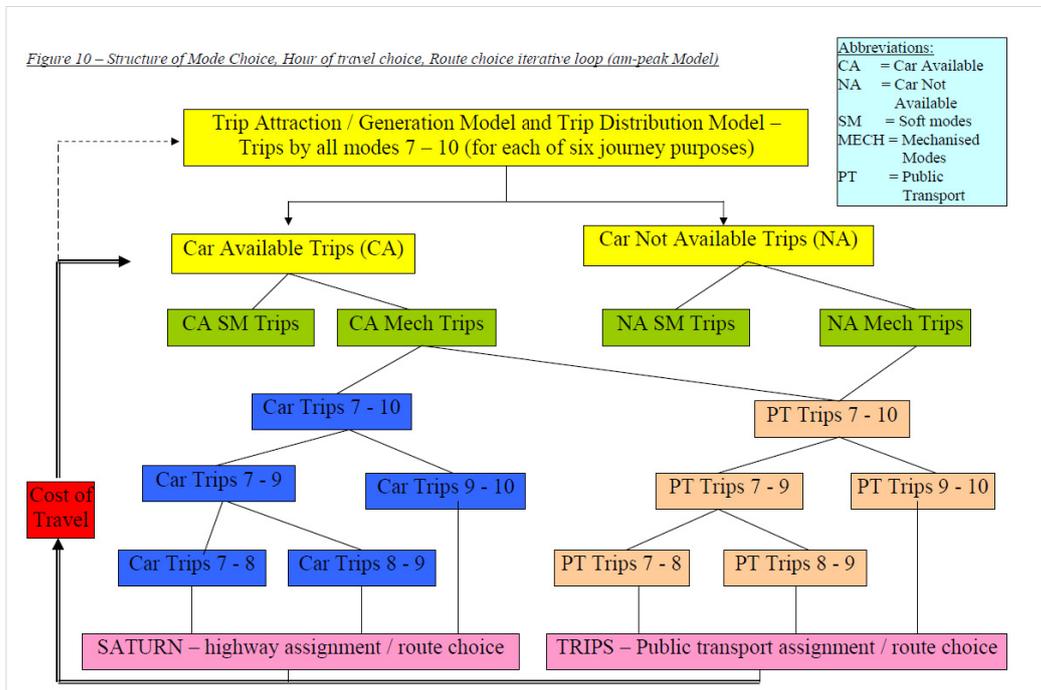
²⁾ 참고자료: National Transport Authority. (2011). Transport Modelling Report - Greater Dublin Area Draft Transport Strategy 2011-2030.

- am-peak모형의 구조는 다음과 같음



<그림 3- 1> 아일랜드 GDA am-peak 모형의 구조

- 수단선택 모형과 출발시간선택모형, 경로선택(통행배정)모형은 서로 연결되어 통행수단별 시간별 경로선택이 평형상태에 도달할 때까지 반복적으로 분석을 수행함



<그림 3- 2> 아일랜드 GDA 수단선택, 출발시간선택, 경로선택모형의 연결구조

- GDA모형 내 수단선택 모형은 <그림 3- 2>과 같이 위계형 구조를 갖는데, 상위위계에서는 도보 및 자전거(Soft modes), 차량이용(Mechanised modes)으로 분류되며, 하위 위계에서는 차량이용이 승용차와 대중교통으로 분류됨
- 따라서 아일랜드 더블린 권역의 수요분석 시 대중교통의 세부 수단별 O/D는 구축하지 않고, 버스와 철도네트워크가 합쳐진 대중교통네트워크에 통행배정을 수행함
- 경로선택(통행배정)모형에서 대중교통의 통행배정 시 보행시간, 대기시간, 탑승시간 등은 일반화 비용으로 고려하여 분석을 수행함

나. 호주 뉴사우스웨일스주³⁾

- 호주 뉴사우스웨일스주 교통통계국(Bureau of Transport Statistics)은 시드니, 뉴캐슬, 울런공 지역의 통행패턴예측을 위해 STM(Strategic Travel Model)을 사용하고 있음
- 이 모형은 인구모형과 통행모형 두 부분으로 나뉘며, 통행모형의 구조는 다음과 같음

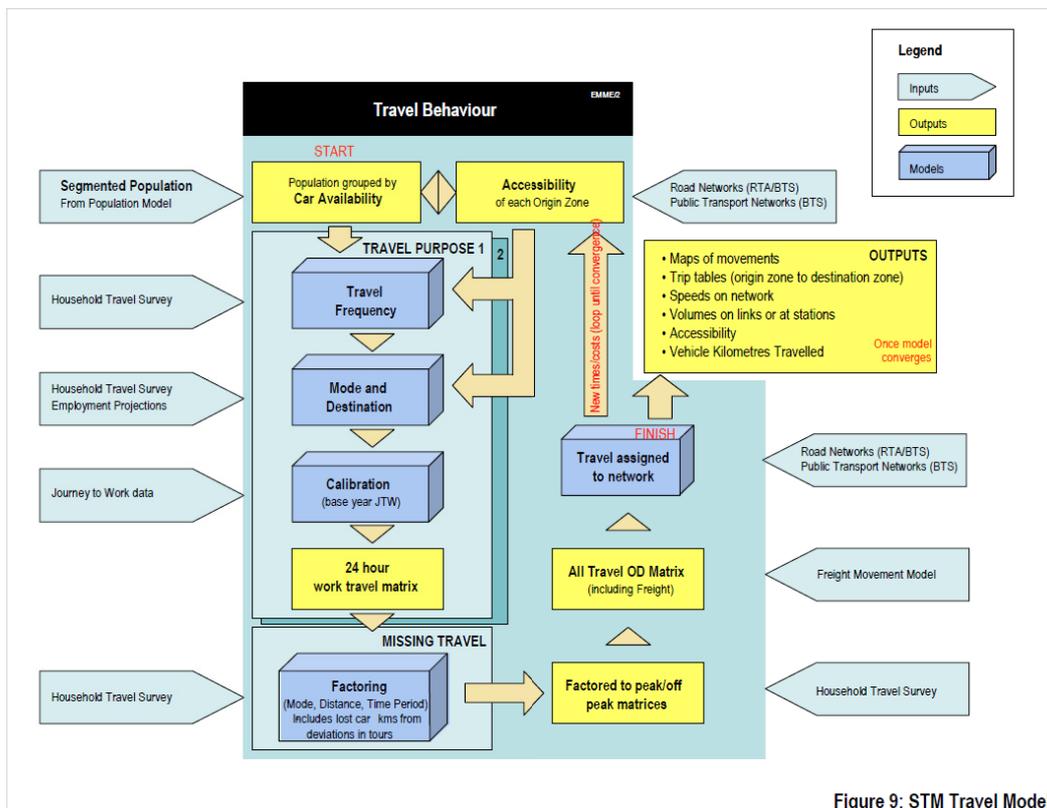


Figure 9: STM Travel Model

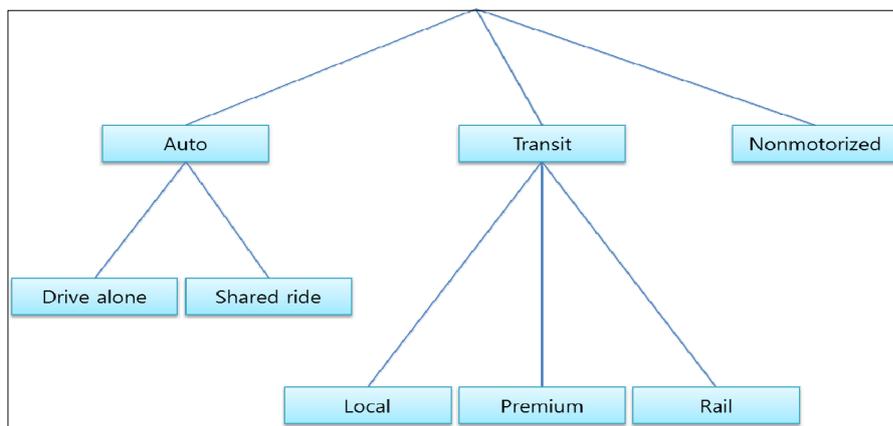
<그림 3- 3> 호주 STM내 통행모형의 구조

³⁾ 참고자료: Bureau of Transport Statistics. (2011). Sydney Strategic Travel Model (STM) Modelling future travel patterns.

- 통행빈도모형(Travel Frequency)모형은 목적통행 수를 예측하는 모형으로 각 목적별로 조금씩 다른 형태를 갖고 있음
- 수단 및 도착지 선택모형에서는 통행분포와 수단선택이 결합된 형태로 통행빈도모형의 결과인 출발존별 통행을 도착지와 수단에 따라 분포 및 배정
- 대중교통 수단은 목적별로 버스와 철도(경전철과 페리 포함)로 나누어 O/D매트릭스가 얻어지며, 통행배정 단계에서 이를 이용해 버스와 철도 각각 통행배정을 실시함
 - 철도(경전철, 페리 포함)의 경우 최적전략모형을 써서 통행배정이 수행됨
 - 철도수요는 도보 또는 버스에 의한 접근수요도 포함하고 있으나, 버스 통행배정에서는 오직 버스와 도보만이 통행수단으로 고려됨

다. 미국⁴⁾

- 미국에서는 교통수요예측 위한 모형으로 대부분 4단계 모형을 적용하고 있으며, 이 중 MPO 별로 차이가 있으나 수단선택모형으로 다항로짓모형과 네스티드 로짓 모형을 사용하고 있음
- 일반적으로 수단선택모형 내 통행 대안들로, 자가용, 대중교통, 그리고 자전거와 도보와 같은 비동력(non-motorized) 수단으로 분류하고 있음
 - 대중교통에는 local bus, express bus, light rail, heavy rail/subway, commuter rail이 교통수단으로 포함됨
 - 일부 MPO는 대중교통 대안 아래 하위대안들을 구분하지 않거나, 하위 대안으로 local과 premium 두 개로 분류 또는 local, premium, rail 세 개로 분류하고 있음



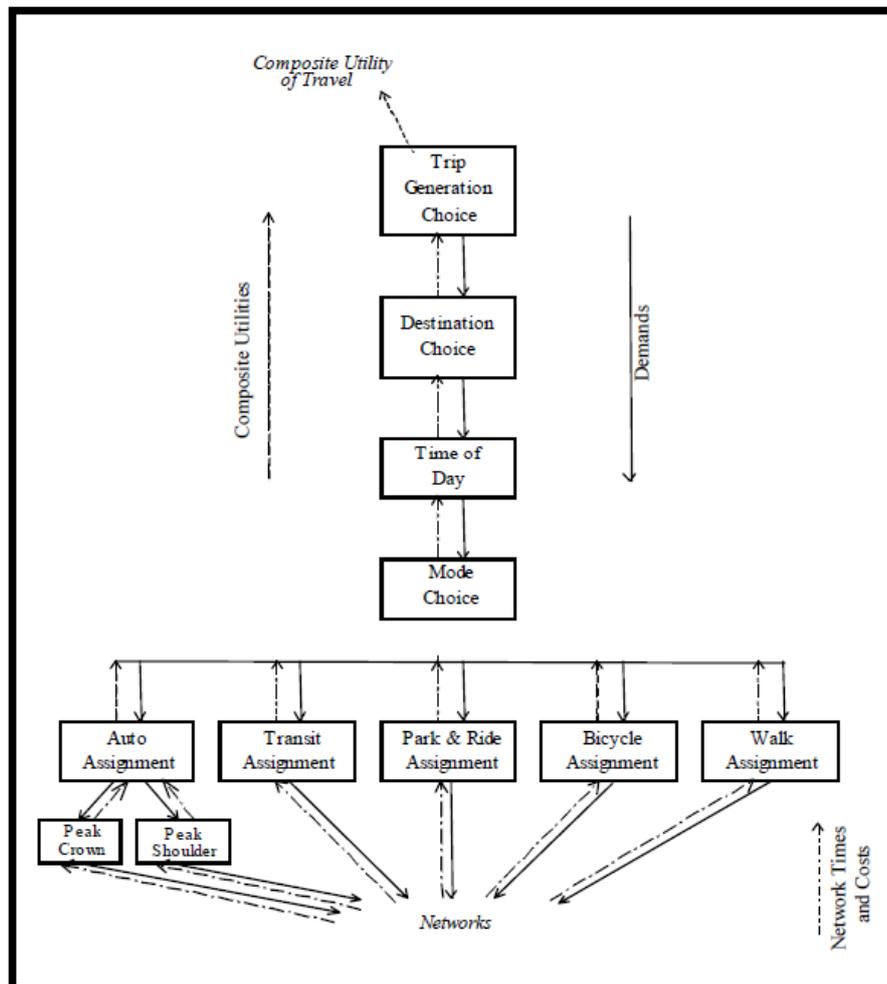
<그림 3- 4> 미국 수단선택모형 내 기본적인 대안설정 예시

⁴⁾ 참고자료: National Cooperative Highway Research Program, *et al.* (2012). Travel Demand Forecasting: Parameters and Techniques (Vol. 716). Transportation Research Board.

- 또한, 대중교통 수단구분 시 보행시간 및 주차비용은 수단선택에서 중요한 요소이기 때문에 보행접근 대중교통 수단과 차량접근 대중교통수단은 분리하여 모형화가 필요함을 설명

라. 캐나다 Calgary시⁵⁾

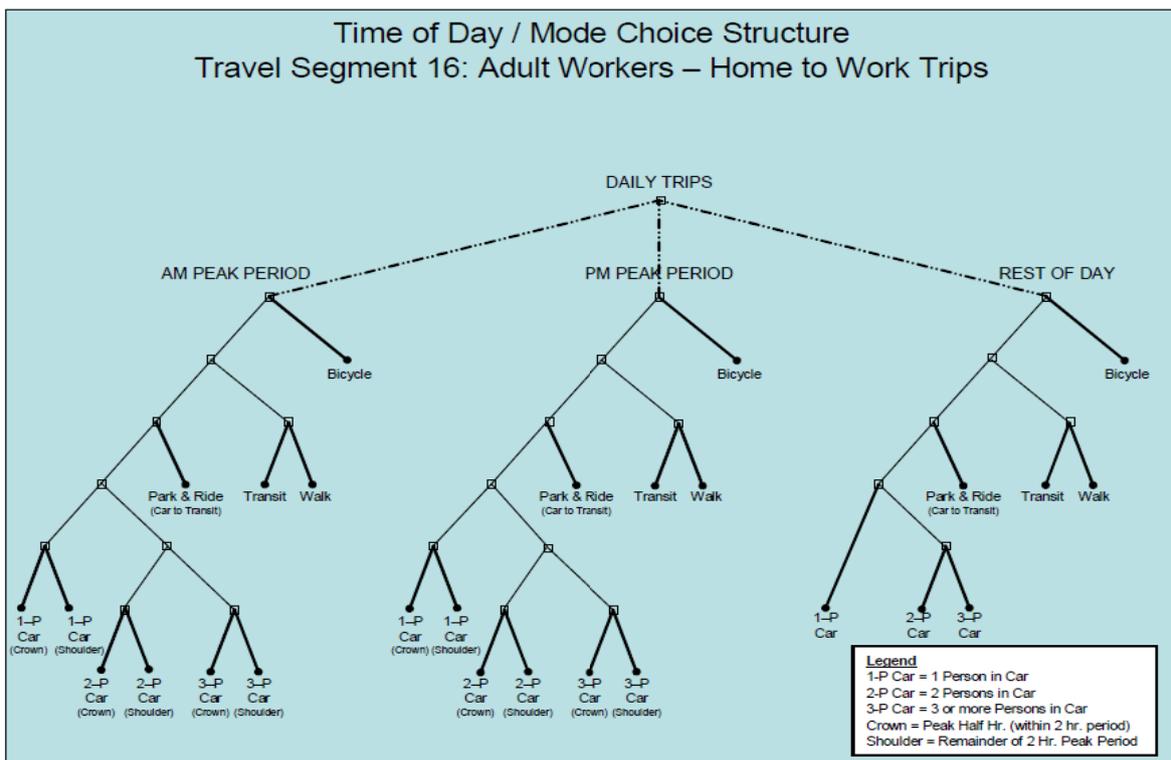
- Calgary시의 통행모형은 선택행태와 관련하여 통행발생, 수단선택, 출발시간선택(Time of Day), 통행분포로 구성됨



<그림 3- 5> 캐나다 Calgary시의 수요분석모형

5) 참고자료: City of Calgary. (2006). City of Calgary 2001 Regional Transportation Model, Volume I : Personal Travel Model Description.

- 통행수단은 자가용 이용자(1인, 2인, 3인이상), 대중교통 이용자(도보 접근), Park&ride(자가용->대중교통), Ride&unpark(대중교통->자가용), 도보, 자전거, 스쿨버스로 나누어짐
- 9개의 통행수단과 5개의 출발시간 선택으로 33개 수단/출발시간 선택이 이용가능하며, 이를 5개 사람범주, 5개 통행목적에 함께 고려하면 총 825개 조합의 통행으로 구분가능
- 그러나, 모든 통행에 대해 수단선택 및 출발시간 선택이 현실적인 선택이 아니기 때문에 논리나 가구통행조사 결과를 바탕으로 일부 조합을 배제하여 실제로는 378개 조합의 통행을 분석하고 있음
- 분석 네트워크로는 도로, 대중교통, 자전거, 도보, 화물차 네트워크가 출발시간대별로 구성되어 활용하고 있음
- 아래 그림은 일반 어른의 Home to Work 통행의 출발시간/수단선택 구조를 나타낸 것임



<그림 3- 6> 캐나다 Calgary시의 출발시간 및 수단선택 구조 예시

마. 시사점

- 해외에서 교통수요분석 시 시간대 O/D사용, 수단선택모형 내 매우 세분화된 선택대안 설정 등 국가 및 지역별로 차별화된 방법으로 교통수요분석을 수행하고 있음을 알 수 있었음
 - 시간 O/D구축, 수단선택대안의 세분화는 한 지역의 지속적인 교통수요분석에는 바람직할 수 있으나, 구축된 모형을 다른 지역에 적용(transferable)하기 어려우며, 많은 시간과 비용이 소모되는 단점이 있음
- 수단선택 모형은 주로 다항로짓모형과 네스티드 로짓 모형이 주로 사용되고 있었음
 - 수단모형 내 대안으로는 자가용과 대중교통으로 대안을 분류하며, 자가용과 대중교통의 하위 대안(수단)이 같은 위계를 갖도록 모형을 구성한 사례는 없었음
- 또한 수단선택, (출발시간선택), 통행배정의 각 단계가 순차적으로 한번만 이루어지는 것이 아니라 루프구조를 갖고 통행시간이 평형상태에 이를 때까지 반복적으로 수행하는 점을 사례들의 공통된 특징으로 꼽을 수 있음
 - 수단선택모형에 반영한 통행시간, 비용과 통행배정 모형의 통행시간, 배정결과와 일치할 때까지 이들 과정이 반복적으로 이루어짐
- 경전철의 경우, 수단선택모형에서 별도의 대안으로 분리된 경우는 없었음
 - 국내의 경우, 현재 운행 중인 지하철과 경전철은 서로 경쟁대안 관계가 아니기 때문에 경전철을 별도의 대안으로 분리하는 것은 적절치 않다고 판단됨
 - 만약 지하철과 경전철을 경쟁대안으로 고려한다면, 위계구조를 갖는 네스티드 로짓모형의 적용이 필수적이며, 이들 대안은 대중교통의 하위대안으로 적용되어야 IIA가정위배로 인한 문제 발생(수요과대추정)을 줄일 수 있을 것으로 판단됨
- 일부 해외사례와 같이 수단선택모형에서 대중교통 세부 수단별 O/D를 구축하지 않고, 통행배정 단계에서 수단이 나뉘지는 경우에는 DFT(2013)⁶⁾에서 설명하고 있는바와 같이 환승통행을 포함한 mixed mode 통행 분석이 보다 용이할 수 있을 것으로 여겨짐
 - 단, 대중교통 수단들과 그들 사이의 연결을 포함하는 결합된 네트워크가 분석 시 요구됨

⁶⁾ 참고자료: Dft. (2013). Transport analysis guidance unit M3-2 : Public transport assignment modelling.

제3절 경전철 수단선택모형 적정성 검토

1. 경전철 수단선택모형에 대한 주요 쟁점 사항

가. 통행자 측면(수요)

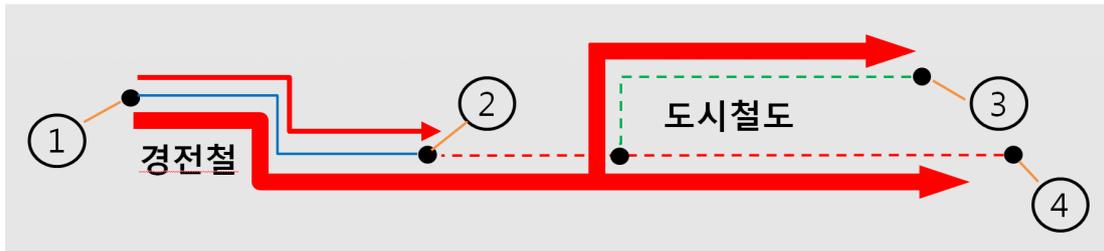
- 접근, 대기, 환승통행 측면에서 경전철과 도시철도 이용자의 통행패턴이 유사하고 통행자는 경전철과 도시철도를 서로 다른 수단(경쟁적 수단, 상호 배타적 수단)으로 인식하지 않을 수 있음
- 경전철 이용자의 수단선택은 승용차, 버스, 도시철도(경전철)의 선택집합 내에서 이루어질 가능성이 있음

나. 물리적 측면(공급)

- 경전철 노선은 노선범위가 국지적이고 비교적 단구간으로 운행되어 경전철 단일수단만을 이용한 통행 비율이 미비할 것으로 예상(통행완결성 및 수단 Coverage 협소)
- 도시철도와 경전철 노선이 서로 다른 구간을 운행하고 환승으로 연결되어 있어서 물리적으로 두 가지 중에서의 선택의 상황이 아니라 할 수 있음

다. 모형 측면

- 경전철은 버스 및 도시철도에 대한 연계 교통수단의 역할을 수행하므로 경전철+도시철도 또는 경전철+버스 통행의 비중이 높고 경전철 통행을 별도의 주수단으로 분리하고 별도의 수단분담모형을 구축하기 어려움
- 수단선택 행위 시 경전철 통행비용(광역환승요금 포함)과 통행시간은 이미 기존 효용함수에 포함되어 있어 기존 모형에서 경전철 통행특성이 반영되어 있다고 볼 수 있음
- <그림 3- 7>와 같이 통행자의 수단선택은 승용차, 버스, 도시철도의 선택집합 내에서 이루어질 가능성이 높으며 별도의 경전철 수단분담모형이 ①→② 통행은 설명 가능하나 ①→③과 ①→④ 통행은 설명 불가능함
 - 경전철 요금과 통행시간을 반영한 경전철과 도시철도를 함께 고려한 수단분담모형이 합리적일 수 있음



<그림 3- 7> 경전철과 도시철도 이용 통행 행태(경전철 주수단 정의 문제)

2. 경전철 특성 변수 추가를 통한 수단선택모형 적정성 검토

- 부산·김해경전철 수단을 부산도시철도와 다른 수단으로 가정할 수 있는지에 대한 적정성을 경전철 특성변수를 추가한 수단선택모형 구축을 통해 검토
 - 현재 모형 : 도시철도 지역 특성 반영 (도시철도역 더미 변수 적용)
 - 변경 모형 : 도시철도와 경전철 지역 특성 반영 (도시철도와 경전철 역 더미 변수 구분 적용)

가. 부산·김해경전철 이용 현황

- 부산광역시(마이비), 김해시(글로벌캐시), 양산시(마이비)의 후불교통카드 정산기관이 상이하 여 이용자 정보의 연결고리 파악이 어려워 마이비가 3개 도시 모두 정산업무를 수행하는 선 불교통카드 자료 분석
- 2014년도 10월 주중 부산·김해경전철 통행 유형 분석 결과 경전철 이용객(선불 마이비 교통 카드)은 약 37,000명이며, 경전철 단독통행은 57.88%이며 도시철도와 버스를 함께 이용하는 통행은 42.12%임
 - 경전철+(도시철도, 버스) 통행에 대한 경전철 수단선택모형 분리 및 경전철 주수단 정의 문제 발생
- 총 36,946 통행 중 환승통행은 15,562 통행으로 전체 통행의 42.12%를 차지했으나 총 환승통행 15,562 통행 중 부산 도시철도 및 시내버스 환승통행이 10,508통행으로 환승통행의 67.5%를 차지하고 있어 환승통행의 주요 기종점은 부산광역시내 인 것으로 분석됨

<표 3- 1> 2014년 부산·김해경전철 이용 현황

| 유형 | 1통행 | 2통행 | 3통행 | 승객수(명) | 구성비(%) | 누적비율 |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 경전철 | | | 21,384 | 57.88 | 57.88 |
| 2 | 도시철도 | 경전철 | | 3,677 | 9.95 | 67.83 |
| 3 | 경전철 | 도시철도 | | 3,655 | 9.89 | 77.72 |
| 4 | 부산시내 | 경전철 | | 1,757 | 4.76 | 82.48 |
| 5 | 경전철 | 부산시내 | | 1,419 | 3.84 | 86.32 |
| 6 | 김해버스 | 경전철 | | 602 | 1.63 | 87.95 |
| 7 | 경전철 | 김해버스 | | 507 | 1.37 | 89.32 |
| 8 | 부산시내 | 도시철도 | 경전철 | 436 | 1.18 | 90.50 |
| 9 | 김해버스 | 경전철 | 도시철도 | 393 | 1.06 | 91.57 |
| 10 | 경전철 | 도시철도 | 부산시내 | 392 | 1.06 | 92.63 |
| 11 | 경전철 | 도시철도 | 부산마을 | 387 | 1.05 | 93.67 |
| 12 | 도시철도 | 경전철 | 김해버스 | 348 | 0.94 | 94.62 |
| 13 | 부산마을 | 도시철도 | 경전철 | 252 | 0.68 | 95.30 |
| 14 | 경전철 | 부산시내 | 부산시내 | 227 | 0.61 | 95.91 |
| 15 | 부산시내 | 부산시내 | 경전철 | 208 | 0.56 | 96.48 |
| 16 | 김해버스 | 경전철 | 부산시내 | 169 | 0.46 | 96.93 |
| 17 | 부산시내 | 경전철 | 김해버스 | 158 | 0.43 | 97.36 |
| 18 | 부산시내 | 경전철 | 부산시내 | 157 | 0.42 | 97.79 |
| 19 | 경전철 | 부산마을 | | 126 | 0.34 | 98.13 |
| 20 | 부산마을 | 경전철 | | 118 | 0.32 | 98.45 |
| 21 | 도시철도 | 경전철 | 부산시내 | 104 | 0.28 | 98.73 |
| 22 | 부산시내 | 경전철 | 도시철도 | 101 | 0.27 | 99.00 |
| 23 | 경전철 | 부산시내 등 | 부산시내 등 | 161 | 0.27 | 99.00 |
| 24 | 부산시내 등 | 경전철 | 부산시내 등 | 95 | 0.44 | 99.00 |
| 25 | 부산시내 등 | 부산시내 등 | 경전철 | 113 | 0.26 | 99.00 |
| 합계 | | | | 36,946 | 0.31 | 100.00 |



<그림 3- 8> 부산도시철도 노선도

나. 경전철 특성 고려 수단선택모형 구축

1) 개요 및 분석 자료

- 수단선택모형에 경전철 지역특성을 추가하여 경전철 수단통행의 고유특성 존재 및 분할 가능성을 검토하여 주수단 선택집합(승용차, 버스, 도시철도, 경전철)의 확장 가능성을 분석함
 - 현 주수단 집합 : 승용차, 버스, 도시철도(1~4호선, 부산김해경전철)
 - 변경 주수단 집합 : 승용차, 버스, 도시철도(1~3호선, 4호선+부산김해경전철)
- 경전철 지역특성을 고려한 수단선택 모형 구축 및 검토는 다음의 단계로 수행되어짐
 - ① 기준년도 기종점간 주수단 통행량(승용차, 버스, 도시철도) 현행화
 - ② 기종점간 주수단 통행량 자료 구축
 - 기준년도 현행화 자료, 3개 주수단 통행량 자료 구축

③ 기종점간 각 수단의 통행시간, 통행비용 등 관련변수 산출

- 도시철도(경전철 포함) 환승링크 구축 작업을 선행하여 도시철도 통행시간의 오차를 최소화 하고 개선된 도시철도망을 기준으로 도시철도의 기종점간 통행시간 및 통행비용을 재산정

④ 다항로짓모형 정산 및 최적 모형 검토

- 기존모형 : 기존 3개 주수단 반영(도시철도 특성변수 고려)
- 신규모형 : 기존 3개 주수단 반영(도시철도와 경전철을 분리하여 특성변수 고려)
- 2015년도 부산·울산광역시권 여객 기종점 통행량 현행화를 수행한 2014년 기준 주수단 통행량 및 현행화 결과 이용
- 기종점간 수단 특성 변수(통행시간, 통행비용 등) 값은 2015년 부산·울산광역시권 여객 기종점 통행량 현행화 수행 지침에 의거하여 산출
- 출발지 또는 도착지에 경전철 역과 도시철도 역이 있는 기종점을 추출(약 4,571쌍)하여 해당 기종점에 도시철도역, 경전철역 특성변수(더미변수)를 적용

2) 수단선택모형 구축

- 모형 1은 경전철과 도시철도를 합쳐서 도시철도 지역특성 변수로 함께 고려한 기존모형 형태이고 모형 2와 3은 경전철 지역특성 변수를 분리하여 추가한 형태임
- 시내 통행에 대한 승용차 효용이 시외통행과 차이가 있을 수 있어 승용차 효용함수에 시내 통행에 대한 더미변수를 추가하여 구축하였고 모형에서 사용된 변수는 <표3- 2>와 같이 정의함

- 모형 1 : 경전철 특성 변수 제외 (기존모형 형태)

$$\text{(승용차 효용)} \quad U_a = T \cdot t_a + C \cdot c_a + I \cdot \text{Intra}D + M_1 \cdot \text{Mall}_1$$

$$\text{(버스 효용)} \quad U_b = T \cdot t_b + C \cdot c_b + B$$

$$\text{(도시철도 효용)} \quad U_m = T \cdot t_m + C \cdot c_m + M_3 \cdot \text{Mall}_3 + D$$

- 모형 2 : 경전철 특성 변수 추가 (도시철도 4호선과 부산·김해경전철 분리)

$$\text{(승용차 효용)} \quad U_a = T \cdot t_a + C \cdot c_a + I \cdot \text{Intra}D + M'_1 \cdot \text{M123}_1 + L_1 \cdot \text{Lrt}_1$$

$$\text{(버스 효용)} \quad U_b = T \cdot t_b + C \cdot c_b + B$$

$$\text{(도시철도 효용)} \quad U_m = T \cdot t_m + C \cdot c_m + M'_3 \cdot \text{M123}_3 + L_3 \cdot \text{Lrt}_3 + D$$

- 모형 3 : 부산·김해경전철 특성 변수 추가 (부산·김해경전철만 분리)

$$\text{(승용차 효용)} \quad U_a = T \cdot t_a + C \cdot c_a + I \cdot IntraD + M''_1 \cdot M1234_1 + L'_1 \cdot Bgl_1$$

$$\text{(버스 효용)} \quad U_b = T \cdot t_b + C \cdot c_b + B$$

$$\text{(도시철도 효용)} \quad U_m = T \cdot t_m + C \cdot c_m + M''_3 \cdot M1234_3 + L'_3 \cdot Bgl_3 + D$$

<표 3- 2> 수단선택모형 변수 정의

| 변수명 | 설명 |
|-----------|---|
| t | 기종점간 통행시간(승용차, 버스, 도시철도) |
| c | 기종점간 통행비용(승용차, 버스, 도시철도) |
| B | 버스 수단 더미변수 |
| D | 도시철도 수단 더미변수 (1234호선+경전철) |
| $IntraD$ | 시내 통행 더미변수 × 승용차 수단 더미변수(I) |
| $Mall_1$ | 도시철도(1~4호선+LRT) 역 더미변수 × 승용차 수단 더미변수(M_1) |
| $Mall_3$ | 도시철도(1~4호선+LRT) 역 더미변수 × 도시철도 수단 더미변수(M_3) |
| $M123_1$ | 도시철도(1~3호선) 역 더미변수 × 승용차 수단 더미변수(M'_1) |
| $M123_3$ | 도시철도(1~3호선) 역 더미변수 × 도시철도 수단 더미변수(M'_3) |
| $M1234_1$ | 도시철도(1~4호선) 역 더미변수 × 승용차 수단 더미변수(M''_1) |
| $M1234_3$ | 도시철도(1~4호선) 역 더미변수 × 도시철도 수단 더미변수(M''_3) |
| Lrt_1 | LRT(4호선, 부산·김해경전철) 역 더미변수 × 승용차 수단 더미변수(L_1) |
| Lrt_3 | LRT(4호선, 부산·김해경전철) 역 더미변수 × 도시철도 수단 더미변수(L_3) |
| Bgl_1 | BGL(부산·김해경전철) 역 더미변수 × 승용차 수단 더미변수(L'_1) |
| Bgl_3 | BGL(부산·김해경전철) 역 더미변수 × 도시철도 수단 더미변수(L'_3) |

주) 역 더미변수 : 통행의 기점 또는 종점에 역이 있는 기종점의 경우 1

3) 수단선택모형 구축 결과

- 모형 1의 구축결과에서 전체 통행수단에 대하여 각 수단의 통행시간(t), 통행비용(c)이 증가하면 효용이 감소하는 것으로 나타남
- B , M 의 계수 추정 결과를 보면 기본적으로 버스와 도시철도의 선택확률이 승용차 보다 낮게 나오는 결과를 보임

- *IntraD*의 계수 추정 결과가 음의 값을 갖는 것으로 분석되어 시내통행에 있어서 승용차 통행 효율은 감소하는 것으로 나타났고 이는 시내통행의 경우 버스와 도시철도의 선택확률이 높음을 의미함
- 기점 또는 종점에 도시철도역이 존재하면 승용차 통행 효율이 감소하고 도시철도 통행효용이 증가하는 것으로 분석됨

<표 3- 3> 모형1 구축 결과

| Log likelihood = -4745502.8 | | Number of obs = 15006432 | | | | |
|-----------------------------|------------|--------------------------|---------|--------|------------|------------|
| | | LR chi2(7) = 1499828.14 | | | | |
| | | Prob > Chi2 = 0.0000 | | | | |
| | | Pseudo R2 = 0.1365 | | | | |
| 변수 | 계수 | 표준오차 | Z | P > Z | 95% 신뢰구간 | |
| <i>t</i> | -0.0141385 | 0.0001302 | -108.61 | 0.000 | -0.0143937 | -0.0138833 |
| <i>c</i> | -0.0000541 | 7.89e-07 | -68.56 | 0.000 | -0.0000556 | -0.0000525 |
| <i>B</i> | -1.978627 | 0.005844 | -338.58 | 0.000 | -1.990081 | -1.967173 |
| <i>D</i> | -2.85567 | 0.0070355 | -405.89 | 0.000 | -2.86946 | -2.841881 |
| <i>IntraD</i> | -1.376813 | 0.0045875 | -300.12 | 0.000 | -1.385804 | -1.367822 |
| <i>Mall</i> ₁ | -0.0273524 | 0.0024562 | -11.14 | 0.000 | -0.0321663 | -0.0225384 |
| <i>Mall</i> ₃ | 0.906657 | 0.0037867 | 239.43 | 0.000 | 0.8992351 | 0.9140789 |

- 모형 2의 구축결과에서 전체 통행수단에 대하여 각 수단의 통행시간(*t*), 통행비용(*c*)이 증가하면 효율이 감소하는 것으로 나타남
- *B*, *D*의 계수 추정 결과에 따라 기본적으로 버스와 도시철도의 선택확률이 승용차 보다 낮은 것으로 분석되고 시내통행의 경우 승용차 통행 효율이 감소하는 결과를 보임
- 기점 또는 종점에 도시철도(1호선~3호선) 역이 존재하면 승용차 통행의 효율이 감소하고 도시철도 통행의 효율이 증가하는 것으로 분석됨
- 기점 또는 종점에 LRT 역이 존재하면 승용차와 도시철도 통행 효율이 증가하는 것으로 분석되었는데 승용차 통행 효율의 증가는 지역적 특성이 반영된 결과로 일반화시키기 어려운 결과로 보임

<표 3- 4> 모형2 구축 결과

| Log likelihood = -4716496.5 | | | | | Number of obs = 15006432 | |
|-----------------------------|------------|-----------|---------|--------|--------------------------|------------|
| | | | | | LR chi2(7) = 1557840.74 | |
| | | | | | Prob > Chi2 = 0.0000 | |
| | | | | | Pseudo R2 = 0.1417 | |
| 변수 | 계수 | 표준오차 | Z | P > Z | 95% 신뢰구간 | |
| <i>t</i> | -0.0108853 | 0.0000905 | -83.08 | 0.000 | -0.0111421 | -0.0106285 |
| <i>c</i> | -0.0000387 | 7.95e-07 | -48.64 | 0.000 | -0.0000402 | -0.0000371 |
| <i>B</i> | -1.929325 | 0.0058783 | -328.21 | 0.000 | -1.940846 | -1.917804 |
| <i>D</i> | -2.859658 | 0.0071041 | -402.53 | 0.000 | -2.873582 | -2.845734 |
| <i>IntraD</i> | -1.308232 | 0.004629 | -282.62 | 0.000 | -1.317305 | -1.29916 |
| <i>M123₁</i> | -0.150759 | 0.0025582 | -58.93 | 0.000 | -0.1557729 | -0.1457451 |
| <i>M123₃</i> | 0.9224957 | 0.0038951 | 236.83 | 0.000 | 0.9148614 | 0.9301301 |
| <i>Lrt₁</i> | 0.51494 | 0.0036066 | 142.78 | 0.000 | 0.5078712 | 0.5220089 |
| <i>Lrt₃</i> | 0.9916444 | 0.0050926 | 194.72 | 0.000 | 0.9816631 | 1.001626 |

- 모형 3의 통행시간, 통행비용, 수단특성상수, 시내통행 더미변수, 도시철도역 더미변수의 계수 부호는 모형2의 결과와 동일하게 분석됨
- 모형2와 동일하게 기점 또는 종점에 부산·김해경전철역이 존재할 경우, 도시철도 효용만이 아닌 승용차 효용도 함께 증가하는 결과가 나타남

<표 3- 5> 모형3 구축 결과

| Log likelihood = -4731618.1 | | | | | Number of obs = 15006432 | |
|-----------------------------|------------|-----------|---------|--------|--------------------------|------------|
| | | | | | LR chi2(7) = 1527597.51 | |
| | | | | | Prob > Chi2 = 0.0000 | |
| | | | | | Pseudo R2 = 0.1390 | |
| 변수 | 계수 | 표준오차 | Z | P > Z | 95% 신뢰구간 | |
| <i>t</i> | -0.0120259 | 0.0001304 | -92.26 | 0.000 | -0.0122814 | -0.0117705 |
| <i>c</i> | -0.0000446 | 7.92e-07 | -56.27 | 0.000 | -0.0000461 | -0.000043 |
| <i>B</i> | -1.910403 | 0.0058715 | -325.37 | 0.000 | -1.921911 | -1.898895 |
| <i>D</i> | -2.811371 | 0.0070605 | -398.18 | 0.000 | -2.825209 | -2.797533 |
| <i>IntraD</i> | -1.286024 | 0.0046438 | -276.94 | 0.000 | -1.295126 | -1.276923 |
| <i>M1234₁</i> | -0.09759 | 0.0024973 | -39.08 | 0.000 | -0.1024847 | -0.0926953 |
| <i>M1234₃</i> | 0.889866 | 0.0038165 | 233.16 | 0.000 | 0.8823865 | 0.8973468 |
| <i>Bgl₁</i> | 0.5905385 | 0.0047344 | 124.73 | 0.000 | 0.5812592 | 0.5998179 |
| <i>Bgl₃</i> | 1.170786 | 0.0062327 | 187.84 | 0.000 | 1.15857 | 1.183001 |

다. 검토 결과

- 환승링크 구축 등 경전철과 도시철도망의 현실화 작업과 2014년 현행화 자료를 이용한 수단 선택 모형 재구축 결과, 각 수단의 통행비용 및 통행시간의 증가는 각 수단의 효용을 감소시키고 기점 또는 종점에 도시철도역이 존재할 경우 승용차 효용 감소와 도시철도 효용 증가를 가져와 재구축 모형은 통행자의 수단선택 행태를 적절하게 반영하고 있음
- 그러나 각 통행의 기종점에 경전철역이 있는 경우에 대하여 별도의 경전철 특성 더미변수를 추가하여 모형을 구축한 결과(모형 2, 모형 3), 기점 또는 종점에 경전철역이 있을 경우 해당 기종점간의 도시철도 효용과 승용차 효용이 모두 증가하는 일반화시키기 어려운 결과를 도출시킴
- 이러한 결과는 경전철역의 존재가 도시철도 효용 증가에는 유의한 양(+)의 효과가 있으나 대부분의 도심 외곽에 위치하고 있는 경전철 노선의 특성상 경전철역이 있는 곳은 해당 지역에서도 가장 교통 활동이 왕성한 곳이므로 승용차 효용도 동반 증가하는 지역적 특성이 반영된 것일 수 있음
- 또한 경전철과 도시철도를 분리해서 수단선택확률을 구하는 것은 부산·울산광역권의 사례에서는 합리적이지 않으며 이 두 수단이 상호 배타적인 교통수단이 아니라는 것을 보여주는 것이라 할 수 있음
- 여기서 분석된 경전철 특성변수를 포함한 수단선택 모형의 유의성은 부산·울산광역권의 지역 특성에 의해 나타나는 것으로 판단되며 타 지역에 대한 추가적 검토가 필요하다고 판단됨

3. 설문조사(SP 조사) 자료 기반 수단선택모형 적정성 검토

- 통행자들이 수단선택 시 경전철을 도시철도와 비교하여 선택 가능한 수단, 즉 경쟁수단으로 고려할 수 있는 상황하에서의 수단선택 행태 파악 필요
- 본 연구에서는 통행자들에게 선택 가능한 수단이 경전철과 도시철도로 주어질 수 있는 7개 쌍의 통행 기종점을 선정하여 SP 조사를 수행함
 - 서면역~대저역 구간 통행의 경우 도시철도+경전철, 도시철도+도시철도의 경쟁관계가 발생

가. 조사 방법 및 응답자 특성

1) 조사방법

- 대중교통 이용현황 및 가상의 요금, 통행시간 조건에 대한 선택 여부 등 총 10문항 설문(현장 면접 조사 및 인터넷 조사 수행)
 - 현장조사 장소 : 서면역 등 2호선 도시철도 역사 내
 - 조사일시 : 2016년 1월 11일 ~ 2016년 1월 18일(주중)

<표 3- 6> SP조사 설문지 (8번 문항)

■ 다음과 같은 조건에서 귀하의 대중교통 선택 대안은?

| 번호 | 구분 | 조건 | | 선택 |
|----|---------------------|-------|-------|----|
| | | 요금(원) | 시간(분) | |
| 1 | 출발지 : 서면 → 도착지 : 대저 | 요금(원) | 시간(분) | 선택 |
| | 도시철도+경전철 (사상역 환승) | 1,900 | 45 | |
| | 도시철도+도시철도(연산역 환승) | 1,400 | 50 | |
| 2 | 출발지 : 가야 → 도착지 : 대저 | 요금(원) | 시간(분) | 선택 |
| | 도시철도+경전철 (사상역 환승) | 1,900 | 42 | |
| | 도시철도+도시철도(덕천역 환승) | 1,400 | 48 | |
| 3 | 출발지 : 주례 → 도착지 : 대저 | 요금(원) | 시간(분) | 선택 |
| | 도시철도+경전철 (사상역 환승) | 1,900 | 45 | |
| | 도시철도+도시철도(덕천역 환승) | 1,400 | 50 | |
| 4 | 출발지 : 사상 → 도착지 : 대저 | 요금(원) | 시간(분) | 선택 |
| | 경전철 (환승 없음) | 1,700 | 19 | |
| | 도시철도+도시철도(덕천역 환승) | 1,200 | 39 | |
| 5 | 출발지 : 덕포 → 도착지 : 대저 | 요금(원) | 시간(분) | 선택 |
| | 도시철도+경전철 (사상역 환승) | 1,700 | 32 | |
| | 도시철도+도시철도(덕천역 환승) | 1,200 | 34 | |
| 6 | 출발지 : 모덕 → 도착지 : 대저 | 요금(원) | 시간(분) | 선택 |
| | 도시철도+경전철 (사상역 환승) | 1,200 | 33 | |
| | 도시철도+도시철도(덕천역 환승) | 1,700 | 34 | |
| 7 | 출발지 : 모라 → 도착지 : 대저 | 요금(원) | 시간(분) | 선택 |
| | 도시철도+경전철 (사상역 환승) | 1,700 | 36 | |
| | 도시철도+도시철도(덕천역 환승) | 1,200 | 31 | |



<그림 3- 9> 경전철과 도시철도의 경쟁관계 존재 구간

2) SP조사 결과

- 총 100명의 응답자를 대상으로 조사를 수행하였고 연령대에서는 20대의 비중이 높았으나 성별비율은 거의 동일하게 조사를 수행함

<표 3- 7> 응답자 특성

| 구분 | | 응답자 수 |
|----|--------|-------|
| 나이 | 20대 | 54명 |
| | 30대 | 16명 |
| | 40대 | 12명 |
| | 50대 | 10명 |
| | 60대 이상 | 8명 |
| | 합계 | 100명 |
| 성별 | 남성 | 51명 |
| | 여성 | 49명 |
| | 합계 | 100명 |

- 100명의 조사자 중 부산광역시 5개 도시철도 노선 중에서 2개의 경전철 노선이 도시철도 노선과 다른 경전철 차량(도시철도와는 다른 별도의 수단)으로 운행되고 있는 것을 알고 있는 응답자는 53명이었고 경전철을 탑승했던 경험이 있는 응답자는 70명으로 조사됨

<표 3- 8> SP 설문조사 결과(수단선택)

| 구분 | 수단 | 선택 빈도(명) | 구성비 |
|----|-------------|----------|--------|
| 1 | 도시철도 + 경전철 | 236 | 40.83 |
| 2 | 도시철도 + 도시철도 | 342 | 59.17 |
| 합계 | | 578 | 100.00 |

- 총 700개의 수단선택 결과 중 유효선택 건수 578건을 분류하고 분석한 결과, 도시철도 탑승 후 경전철을 선택하여 대저역까지 이동하기를 선호하는 이용자는 236명으로 40.83%를 차지하는 것으로 나타남

나. 수단선택모형 구축 결과

- 대안특성변수로 수단별 통행시간 및 통행비용 변수와 도시철도 탑승 → 경전철 환승의 대안상수를 이용한 조건부 로짓모형을 구축함
- 동일한 기종점간의 통행에서 도시철도와 경전철의 효용차이를 분석하기 위하여 도시도시철도 환승과 경전철 환승의 효용에 따른 수단선택 모형을 구축하고 모형의 적정성을 검토함
- 모형 : (도시철도+도시철도 효용) $U_m = T \cdot t_m + C \cdot c_m$
(도시철도+경전철 효용) $U_l = T \cdot t_l + C \cdot c_l + Meteor_Lrt$

<표 3- 9> 수단선택모형 변수 정의

| 변수명 | 설명 |
|---------------|---------------------------|
| t | 통행시간(도시철도+도시철도, 도시철도+경전철) |
| c | 통행비용(도시철도+도시철도, 도시철도+경전철) |
| $Meteor_Lrt$ | 도시철도 탑승후 경전철 환승의 대안상수 |

<표 3- 10> 도시철도와 경전철 수단선택모형 구축 결과

| Log likelihood = -317.09257 | | Number of obs | = | 1156 | | |
|-----------------------------|------------|---------------|-------|--------|------------|------------|
| | | LR chi2(7) | = | 167.09 | | |
| | | Prob > Chi2 | = | 0.0000 | | |
| | | Pseudo R2 | = | 0.2085 | | |
| 변수 | 계수 | 표준오차 | Z | P > Z | 95% 신뢰구간 | |
| <i>t</i> | -0.1602822 | 0.0305553 | -5.25 | 0.000 | -0.2201695 | -0.1003948 |
| <i>c</i> | -0.0002048 | 0.0012543 | -0.16 | 0.870 | -0.0026632 | 0.0022535 |
| <i>Metor_Lrt</i> | -1.077412 | 0.6966749 | -1.55 | 0.122 | -2.442869 | 0.288046 |

- 모형 구축 결과, 통행시간 및 통행비용 증가 시 효용은 감소하는 것으로 나타났으나, 통행비용은 수단 선택에 유의한 영향을 주지 않음
- 대안상수(도시철도 탑승 후 경전철 환승)의 부호는 음(-)의 값을 가져 도시철도 탑승 후 경전철 환승 선택확률이 도시철도 간 환승 선택에 비해 낮음을 알려주고 있으며 추정계수의 통계적 유의성(H_0 : 대안상수=0)은 비교적 낮은 것으로 나타남
- 즉 경전철이 선택 가능한 수단일 때, 이용자들의 선택행위는 통행비용보다는 통행시간에 유의한 영향을 받고 경전철 고유의 특성(대안상수)은 통계적 유의성을 갖지 못하는 것으로 나타남

다. 검토 결과

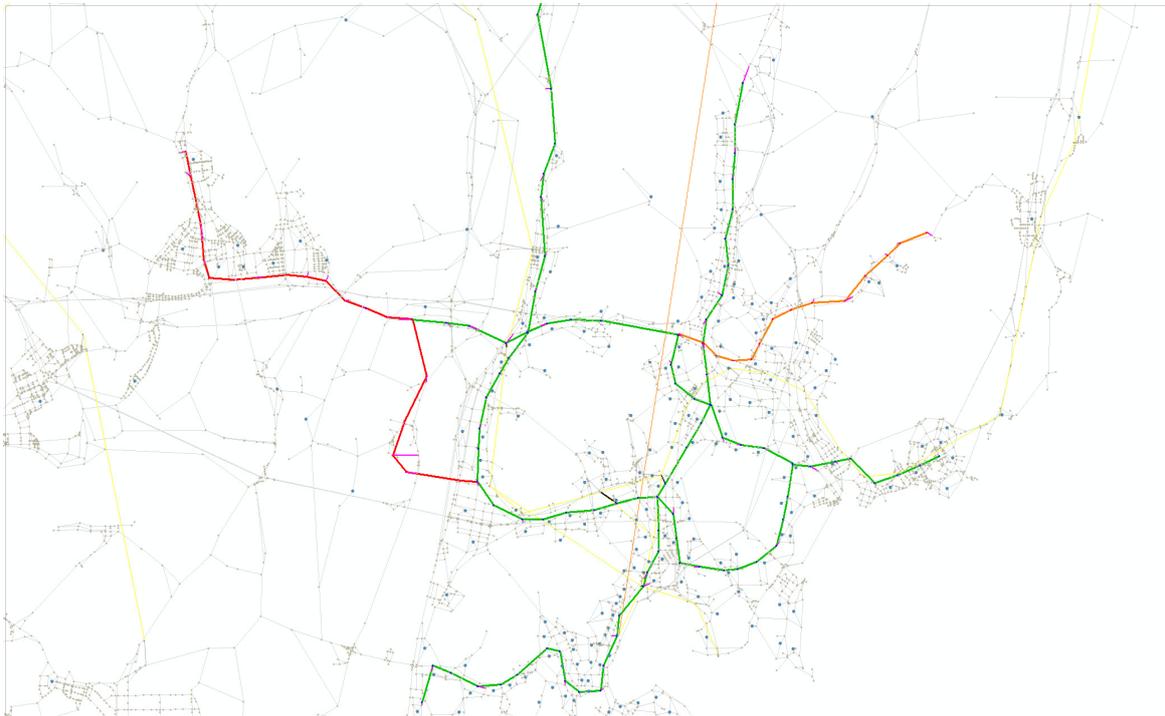
- SP 조사를 이용하여 경전철을 선택 가능한 집합 내에 포함시켜 대중교통 이용객들의 선호도 조사를 수행한 결과 총 유효건수 578건 중 236건이 “도시철도+경전철” 수단을 선택(41%)하였으며 342건이 “도시철도+도시철도” 수단을 선택(59%)한 것으로 나타났음
- 설문조사 결과를 이용한 조건부 로짓모형 구축 결과, 설문 대상자들의 수단 선택행태는 각 수단의 통행시간에 유의한 영향을 받는 것으로 나타났으며, “도시철도+경전철” 대안상수는 유의한 값을 가지지 못하는 것으로 분석되었음
- 이러한 결과는 경전철이 선택 가능한 대안이라 할지라도 경전철 노선은 기존 도시철도 노선과 환승이 용이하도록 건설되어 있어 이용자 입장에서는 차량(경전철, 중전철)의 차이 또는 운행방법(무인, 유인운전)의 차이보다는 통행시간의 차이가 수단 선택 시 큰 영향을 주는 요인인 것임을 나타냄

- 결국, 수요분석 시 경전철과 도시철도의 차량 및 운행방법에 따른 수단구분 보다는 도시철도라는 선택 집합 내에서 노선별 통행시간을 보다 명확히 반영하여 분석을 수행하는 것이 중요하다 판단됨

제4절 통행배정 이용 경전철 수요분석 방안

1. 경전철 수요분석 개요

- 경전철이 비교적 짧은 구간을 운행하며 도시철도와 서로 경쟁 노선이 아니고 환승으로 연결되어 있어 경전철 이용자의 수단선택이 승용차, 버스, 도시철도(경전철)의 선택집합 내에서 이루어진다는 가정 하에 통행배정측면에서 수요분석을 수행하는 방안을 검토함
- 통행배정 측면에서의 경전철 수요분석 방안에 대한 사례로 비교적 경전철 운행이 안정화 단계에 접어들었다고 판단되는 부산·울산광역권의 부산도시철도 4호선과 부산·김해경전철을 대상으로 분석을 수행함
- 부산·울산광역권의 분석대상이 되는 도시철도망은 다음과 같고 분석에 사용되는 O/D 및 네트워크 자료는 2014년 기준년도 국가교통DB를 사용함

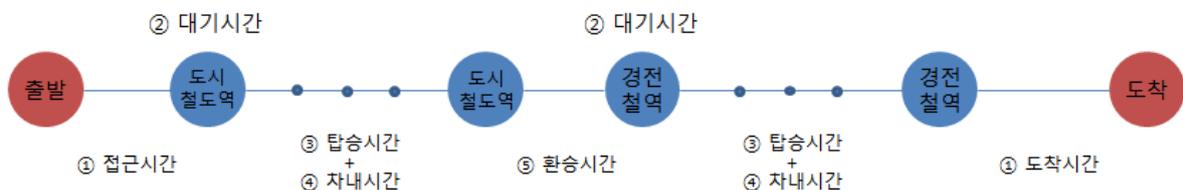


<그림 3- 10> 부산·울산광역시권 도시철도망

2. 경전철 통행배정 관련 주요 변수

가. 경전철 주요 통행비용 항목

- 통행자는 기종점간의 통행에서 도시철도망 노선 중 하나로서 경전철 노선을 이용하게 되며 경전철 통행경로는 도시철도의 대중교통 통행경로의 일부가 됨
- 통행자는 경전철 노선을 포함한 기종점간에 이용 가능한 경로를 탐색하며 이러한 경로를 탐색하기 위하여 접근시간, 대기시간, 탑승시간, 환승시간 등의 차외시간과 차내시간, 요금 등이 함께 고려된 일반화 비용을 고려하게 됨
 - 접근시간(Access time) : 출발지에서 정류장까지의 이동시간
 - 대기시간(Wait time) : 정류장 도착시간부터 탑승까지의 시간
 - 탑승시간(Dwell time) : 대중교통 수단의 탑승에 필요한 시간
 - 환승시간(Transfer time) : 환승정류장에서 환승을 위해 필요한 시간
 - 도착시간(Egress time) : 도착 정류장에서 최종 목적지까지의 이동시간



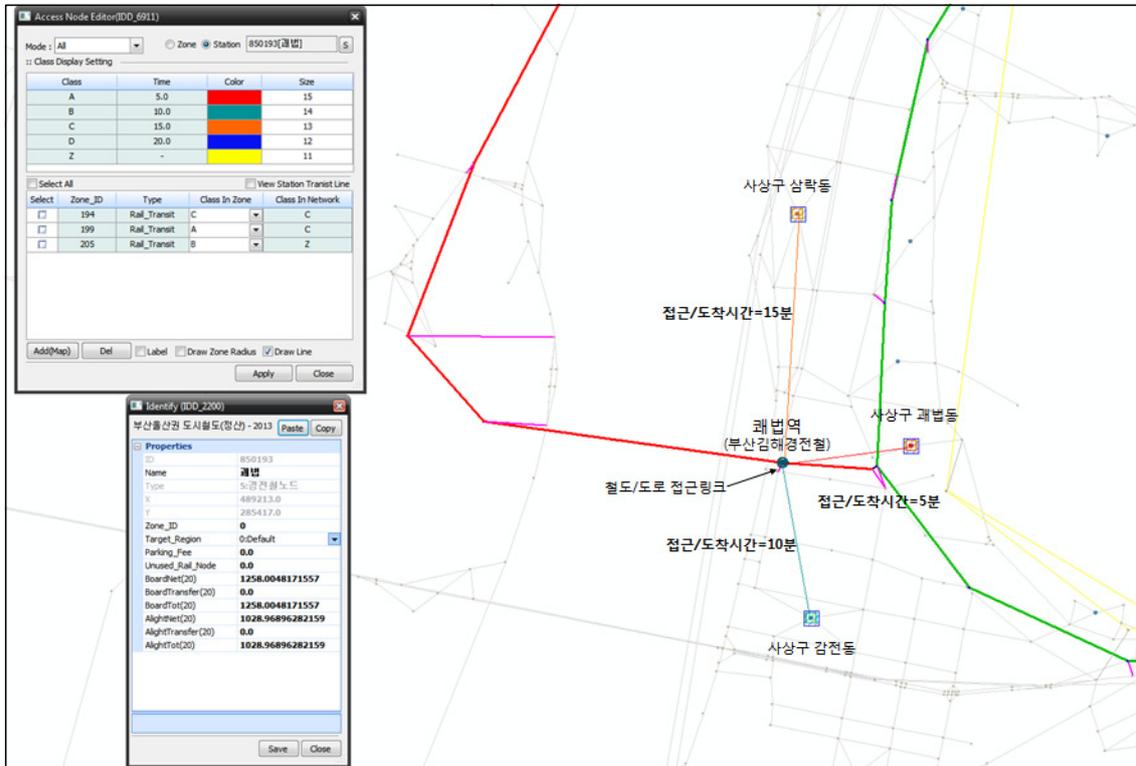
<그림 3- 11> 기종점간 대중교통 경로의 일반화비용

- 경전철 수요를 정확하게 분석하기 위해서는 이러한 차외시간, 차내시간, 요금을 보다 현실적으로 반영해야 하며 각 항목에 대하여 다양한 방법에서의 조정 작업이 필요함

나. 접근 및 도착시간

- 접근 및 도착시간은 교통존의 센트로이드에서 부터 영향권 범위의 도시철도/경전철 역까지의 도로링크와 접근링크의 거리와 통행시간에 따라 결정됨
- 결국, 보다 정확한 접근 및 도착시간을 반영하기 위해서는 환승시간과 마찬가지로 교통존에서의 접근 및 도착시간의 분포를 조사하고 센트로이드의 위치 조정 및 접근링크 구축 및 보정작업을 위한 정산 과정을 수행하여야 함

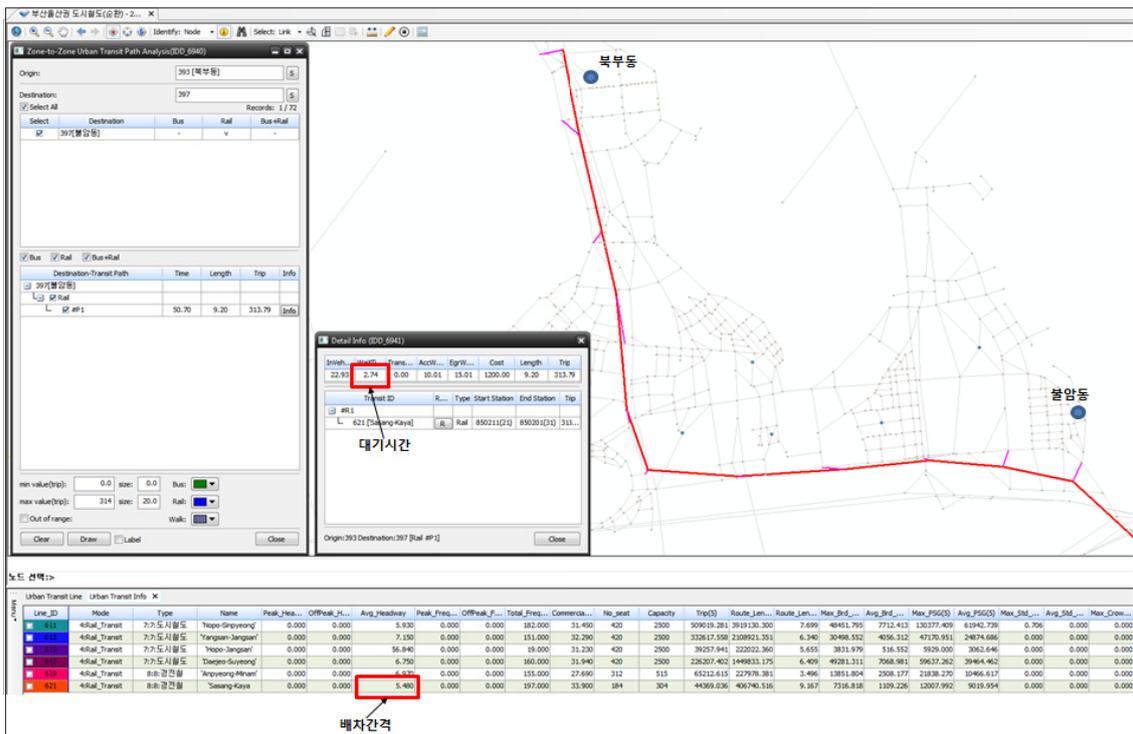
- 다음은 부산김해경전철의 쾌법역에 대하여 정산과정을 거치면서 접근 가능한 영향권 범위의 교통존을 선정하고 접근 및 도착시간 반영을 위하여 접근링크를 생성하여 접근/도착시간을 설정한 것임



<그림 3- 12> 경전철 및 도시철도 접근 및 도착시간 보정 (ImTas 이용)

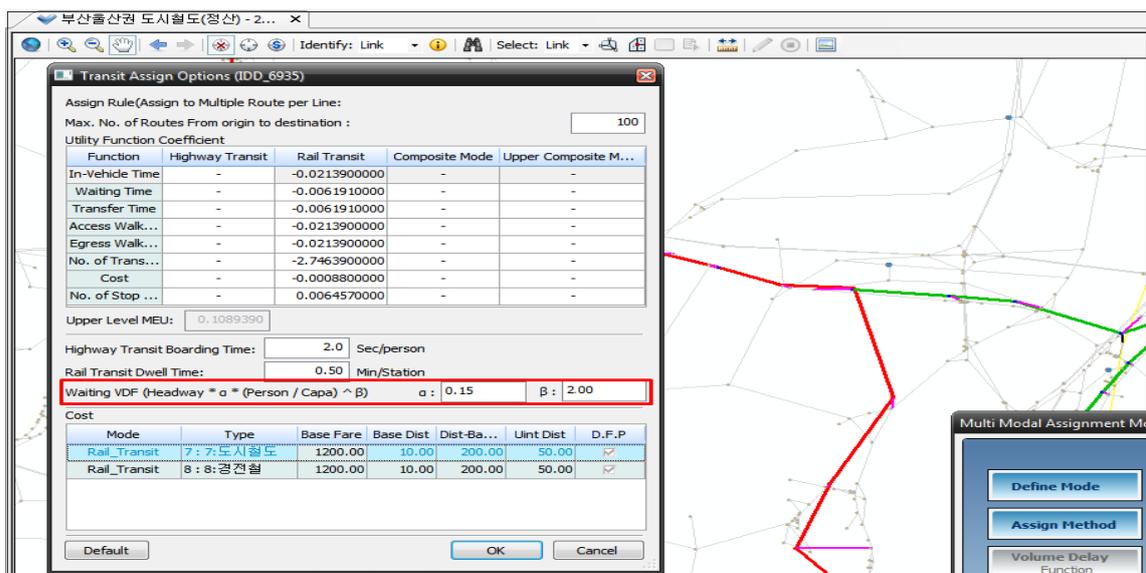
다. 대기시간

- 대기시간의 경우 대도시권 도시철도의 대기시간은 차량 편성이 많고 비교적 짧은 배차간격을 가지고 있기 때문에 확률적으로 배차간격의 1/2를 적용하는 것이 합리적임
- 교통수요 분석에서 일반적인 상용 교통수요분석 도구에서는 입력된 대중교통 노선별 배차간격의 1/2 시간을 대기시간으로 설정하도록 되어 있음
- 부산김해경전철의 경우, 평균배차간격을 검토하여 5.48분으로 입력하면 북부동에서 불암동까지의 경전철 통행경로에서 대기시간이 2.74(5.48/2)분으로 설정되는 것을 확인할 수 있음



<그림 3- 13> 경전철 및 도시철도 대기시간 설정

- 또한, 대기시간에 대하여 혼잡이 존재하지 않아 평균대기시간이 변하지 않을 경우와 통행수요에 따른 혼잡이 존재하여 평균대기시간이 증가할 경우로 나눌 수 있고 J. De Cea & J.E. Fernandez의 연구에서는 전차를 nominal frequency, 후자를 effective frequency 형태의 대기비용함수라 함

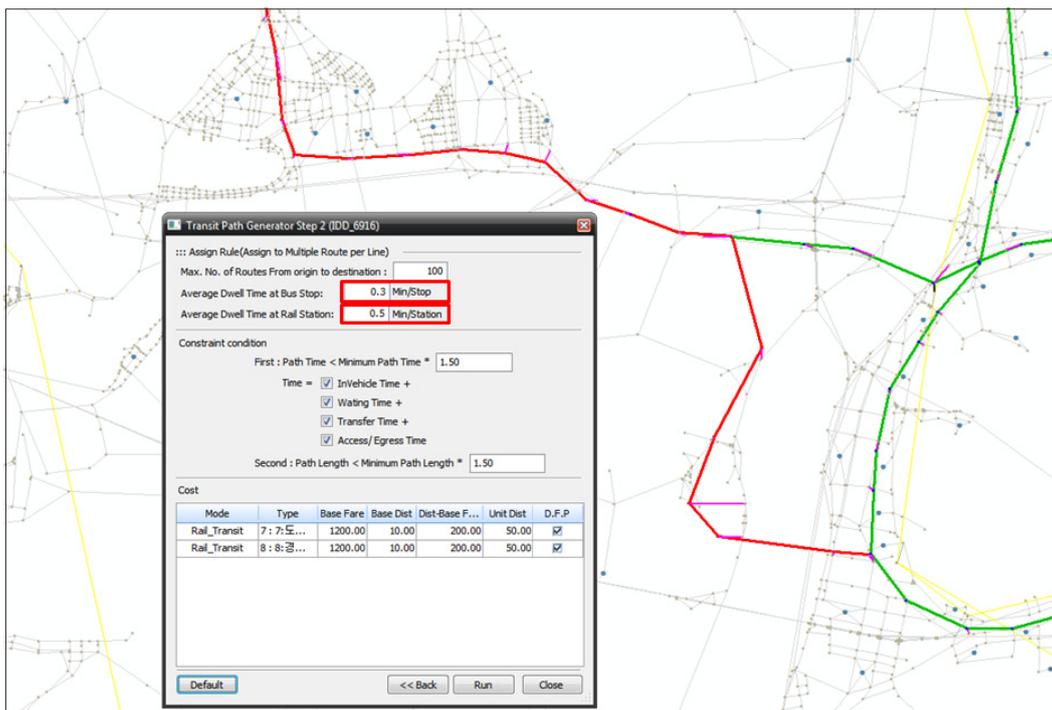


<그림 3- 14> 경전철 및 도시철도 대기시간 혼잡도 반영

- 본 사례분석에서는 통행수요에 따른 혼잡이 발생할 수 있다는 가정하여 정산과정을 통하여 위 그림과 같이 차량용량과 통행수요를 고려한 대기시간의 혼잡도를 반영함

다. 탑승시간

- 경전철을 포함한 도시철도는 승차와 하차가 하나의 문에서 순차적으로 이루어지며, 버스는 승차와 하차가 분리되어 있어 도시철도가 버스에 비하여 탑승시간이 더 소요된다고 판단할 수 있음
- 도시철도와 버스에 대한 탑승시간을 구분하여 고려할 수 있고 도로·철도부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제5판)(2008)에서는 0.5~2분의 탑승시간을 지정하고 있음
- 부산-울산광역권의 사례 분석에서는 경전철을 포함한 도시철도에 대해서는 0.5분, 버스에 대해서는 0.3분의 탑승시간을 적용하여 분석을 수행함

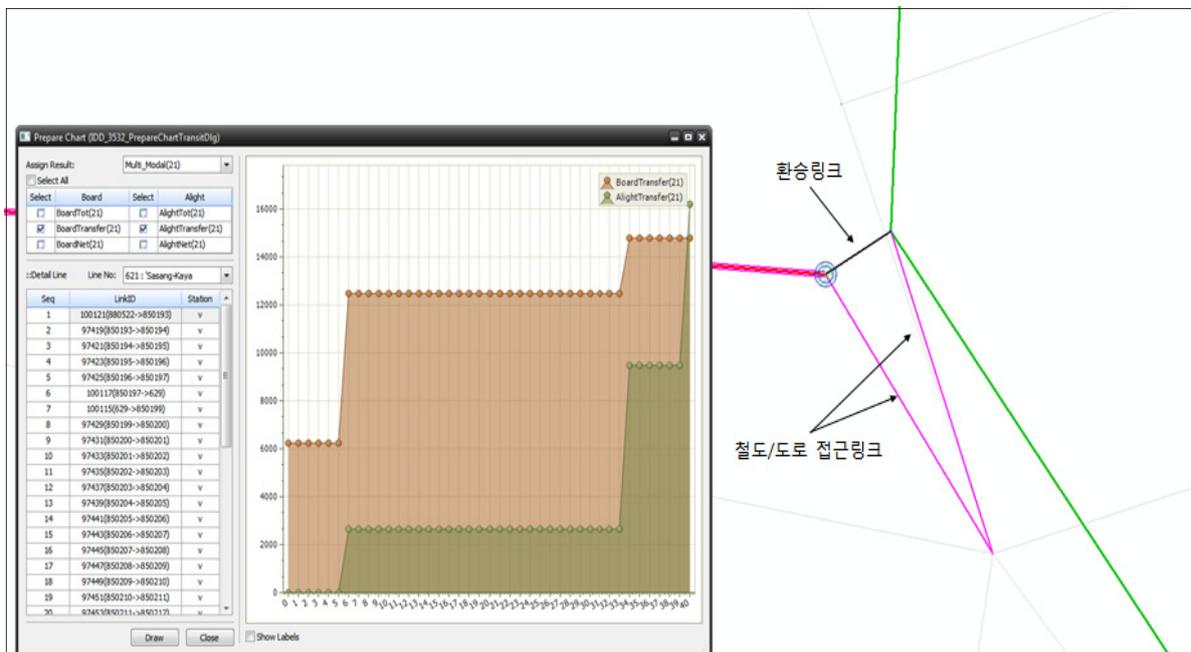


<그림 3- 15> 도시철도와 버스의 탑승시간 설정

라. 환승시간

- 환승시간은 환승통행시 소요되는 시간이고 보다 정확한 경전철 수요분석을 위해서 환승링크를 구축하여 수단간 환승을 구현해야 함

- 지금까지 부산·울산광역시권 도시철도망은 환승링크가 구축되어 있지 않아 도시철도 통행배정의 결과에 오류가 발생할 수 있어 2015년 현행화 사업에서 환승링크 구축 작업을 선행하여 통행배정의 오차율을 최소화시켰으며 개선된 도시철도망을 기준으로 경전철 수요분석을 수행함
- 환승시간은 환승의 대상이 되는 정류장간의 거리 및 시설에 따라 각각 다를 것이며 보다 정확한 환승시간을 고려하기 위해서는 환승 이동거리에 대한 조사를 통해 실제 환승시간을 반영하고 정산과정을 통해 조정해야 함
- 또한, 부산·울산광역시권의 사례분석에서는 기본적으로 2015년 현행화 과정을 통해 구축된 도시철도망의 환승링크 거리를 적용하고 추가적으로 도시철도와 경전철간의 환승요금인 500원을 시간가치와 평균보행속도를 고려하여 통행거리로 반영함
- 부산·울산광역시권 현행화 사업에서 산출된 시간가치 10,571원/시와 보행평균속도 1.2m/초를 이용하면 0.408m/원이 계산되며 500원의 환승요금은 204m로 계산되어 이 거리를 환승링크 거리에 추가하고 정산과정을 통하여 조정하는 작업을 수행함



<그림 3- 16> 경전철 및 도시철도 환승링크 설정

- 다음은 환승링크 구축 및 조정 전·후의 부산·울산광역시권 도시철도 통행배정 결과를 비교한 것으로 수요분석 과정에서 환승시간을 반영하기 위한 환승링크 설정 및 조정 작업의 중요성을 알 수 있음

<표 3- 11> 환승링크 구축 및 조정 전 결과

| 구분 | 승하차 통행량(통행) | | | | 차이(%) | |
|------|-------------|----------|------------|----------|-------|------|
| | 배정결과 | | 실제 승하차 집계량 | | | |
| | 승차 | 하차 | 승차 | 하차 | 승차 | 하차 |
| 수송실적 | 863, 923 | 863, 923 | 973, 681 | 931, 701 | -11% | -10% |

<표 3- 12> 환승링크 구축 및 조정 후 결과

| 구분 | 승하차 통행량(통행) | | | | 차이(%) | |
|------|-------------|----------|------------|----------|-------|-----|
| | 배정결과 | | 실제 승하차 집계량 | | | |
| | 승차 | 하차 | 승차 | 하차 | 승차 | 하차 |
| 수송실적 | 956, 451 | 956, 451 | 973, 681 | 931, 701 | -2% | -2% |

3. 경전철 수요분석 사례 검토 결과

- 부산·울산광역권을 사례로 경전철 수요분석을 수행한 결과, 부산·울산광역시권 네트워크와 OD를 기초자료로 이용하여 수요분석 도구에서 기본값으로 설정된 대중교통 통행배정 주요 변수를 정산과정 없이 그대로 적용할 경우 부산·김해경전철의 수요는 -16%, 도시철도 전체로는 약 -10%의 오차가 발생함

<표 3- 13> 통행배정 주요 변수 조정 및 정산 전 결과

| 노선 | 승하차 통행량(통행) | | | | 차이(%) (A/B) | |
|-------|-------------|----------|---------------|----------|----------------|------|
| | 배정결과(A) | | 실제 승하차 집계량(B) | | | |
| | 승차 | 하차 | 승차 | 하차 | 승차 | 하차 |
| 김해경전철 | 35, 426 | 35, 426 | 41, 982 | - | -16% | - |
| 1호선 | 407, 292 | 407, 447 | 467, 213 | 468, 323 | -13% | -13% |
| 2호선 | 294, 232 | 299, 095 | 335, 601 | 336, 802 | -12% | -11% |
| 3호선 | 106, 807 | 100, 907 | 97, 821 | 95, 837 | 9% | 5% |
| 4호선 | 37, 264 | 38, 145 | 31, 063 | 30, 739 | 20% | 24% |
| 합계 | 881, 021 | 881, 021 | 973, 681 | 931, 701 | -10% | -9% |

<표 3- 14> 통행배정 주요 변수 조정 및 정산 후 결과

| 노선 | 승하차 통행량(통행) | | | | 차이(%) | |
|-------|-------------|---------|---------------|---------|-------|-----|
| | 배정결과(A) | | 실제 승하차 집계량(B) | | (A/B) | |
| | 승차 | 하차 | 승차 | 하차 | 승차 | 하차 |
| 김해경전철 | 44,369 | 44,369 | 41,982 | - | 6% | - |
| 1호선 | 442,662 | 447,447 | 467,213 | 468,323 | -5% | -4% |
| 2호선 | 338,767 | 338,767 | 335,601 | 336,802 | 1% | 1% |
| 3호선 | 103,168 | 97,189 | 97,821 | 95,837 | 5% | 1% |
| 4호선 | 35,137 | 36,331 | 31,063 | 30,739 | 13% | 18% |
| 합계 | 964,103 | 964,103 | 973,681 | 931,701 | -1% | -1% |

- 반면, 접근/도착시간, 대기시간, 환승시간, 탑승시간과 관련한 주요 변수를 조정하고 정산과정을 수행할 경우 부산·김해경전철의 수요는 6%, 도시철도 전체로는 약 -1%까지 오차를 줄일 수 있었음
- 앞에서 검토하였듯이 경전철 수단선택모형 별도 구축에 대한 적정성이 보장되지 않은 상황에서는 경전철을 도시철도라는 선택 집합 내에 두고 노선별 통행비용과 관련 통행변수를 보다 현실을 정확히 반영할 수 있도록 분석을 수행한다면 보다 정확한 수요분석이 가능할 것이라 판단됨
- 다양한 교통수요 분석도구(수요분석 패키지)가 존재하며 각 분석도구 마다 구현 알고리즘이 다양하고 경전철 운영방법 및 지역적 특성이 각기 다르기 때문에 일반화된 수치를 제시하는 것이 쉽지 않음
- 따라서, 경전철 수요분석을 위해서는 경전철 운영계획, 접근/도착, 환승과 관련한 주요 변수를 정확히 파악하고 이용하는 교통수요 분석도구 및 지역적 특성에 따라 합리적인 반영 방법론을 수립하여야 함
- 경전철 수요분석은 단순히 주어진 기초자료를 이용하여 기계적으로 분석도구를 돌리는 작업으로 가능한 것이 아니라 최소한 앞에서 언급되어진 통행관련 변수를 상황에 맞게 반영하고 현실을 정확히 묘사하기 위한 반복적인 정산과정을 수행하여야 하며 그러기 위해서는 분석가의 노력과 역량이 중요하다 판단됨

제5절 결론

- 본 연구에서는 경전철 수단 통행을 기존 주수단 선택 집합(승용차, 버스, 도시철도)에서 분리하여 수단선택모형을 재구축할 수 있는지에 대한 가능성을 검토하였음
- 2014년 기준 부산·울산광역시권 현행화 자료에 경전철역 더미변수 추가를 통해 경전철 수단선택모형의 구축 가능성을 검토한 결과, 경전철역 더미변수의 추가는 도시철도 뿐 아니라 승용차 통행의 효용을 증가시키는 불합리한 결과를 도출시켰음(경전철역이 있는 곳은 외곽지역 내에서도 교통 활동이 왕성한 곳임)
- 경전철 특성 더미변수의 추가는 해당 노선의 지역 특성을 반영하는 측면이 강한 것으로 나타났고 경전철 수단을 별도의 주수단으로 분리하고자 하는 것은 도시철도 노선별로 수단선택모형을 따로 구축하는 것과 같은 의미로 볼 수 있음
- 경전철을 별도의 주수단으로 분리하고자 한다면 도시구조와 노선특성(순환형, 지선형, 선형 등)을 반영한 노선별 선택 모형 구축이 필요할 것으로 판단되나, 이는 광역권 전체의 간명화된 수단선택 모형(parsimonious model) 제시 원칙을 위배하는 문제점을 갖고 있으며 세분화된 선택모형 구축을 위해서는 노선별 도시철도 통행 주수단의 정의 및 노선 간 환승행태 반영 방법에 대한 심층연구가 반드시 선행되어야 함
- 또한, 본 연구에서는 광역권 내 통행자들이 실제 경전철(부산김해경전철)을 도시철도와 비교하여 선택 가능한 수단으로 고려할 수 있는 7개 쌍의 통행 기종점을 선정한 후 SP 조사(대중교통 이용자 100명)를 수행하여 경전철 수단선택모형을 구축하였음
- 조사 결과를 이용한 조건부 로짓모형 구축 결과, 설문 대상자들의 수단 선택행태는 각 수단의 통행시간에 유의한 영향을 받는 것으로 나타났으며, “도시철도+경전철” 대안상수는 유의한 값을 가지지 못하는 것으로 분석되었음
- 이러한 결과는 경전철이 선택 가능한 대안이라 할지라도 경전철 노선은 기존 도시철도 노선과 환승이 용이하도록 건설되어 있어 이용자 입장에서는 차량(경전철, 중전철)의 차이 또는 운행방법(무인, 유인운전)의 차이보다는 통행시간의 차이가 수단선택 시 큰 영향을 주는 요인인 것으로 나타남
- 부산·울산광역시권에서 경전철을 별도의 주수단으로 분리하여 수단선택 모형을 재정립하는 것은 경전철 차량특성(경량, 소량 수송, 무인운전 등)이 통행자들의 수단선택에 큰 영향을 미치지 않으므로 비합리적이라 판단됨

- 결국, 수요분석 시 경전철과 도시철도의 차량 및 운행방법에 따른 수단 구분 보다는 도시철도라는 선택 집합 내에서 노선별 통행시간을 보다 명확히 반영하여 분석을 수행하는 것이 필요함
- 이에 통행배정 측면에서의 경전철 수요분석 방안에 대한 사례 분석으로 비교적 경전철 운행이 안정화 단계에 접어들었다고 판단되는 부산·울산광역권의 부산도시철도 4호선과 부산·김해경전철을 대상으로 분석을 수행함
- 경전철 수요를 정확하게 분석하기 위해서는 접근시간, 대기시간, 탑승시간, 환승시간 등의 차외시간과 차내시간, 요금 등이 함께 고려된 일반화 비용을 보다 현실적으로 반영해야 하며 각 항목에 대하여 다양한 방법에서의 조정 작업이 필요함
- 다양한 교통수요 분석도구(수요분석 패키지)가 존재하며 각 분석도구 마다 구현 알고리즘이 다양하고 경전철 운영방법 및 지역적 특성이 각기 다르기에 하나의 특정 변수값을 제시하기에는 무리가 따름
- 경전철 수요분석을 위해서는 경전철 운영계획, 접근/도착, 환승과 관련한 주요 변수를 정확히 파악하고 이용하는 교통수요 분석도구 및 지역적 특성에 따라 합리적인 반영 방법론을 적용하여야 함
- 경전철 수요분석은 단순히 주어진 기초자료를 이용하여 기계적으로 분석도구를 돌리는 작업으로 가능한 것이 아니기에 통행관련 변수를 분석특성에 맞게 반영하고 현실을 정확히 묘사하기 위한 반복적인 정산과정을 수행하여야 하며 그러기 위해서는 분석가의 노력과 역량이 중요함

참 고 문 헌

[국내 문헌]

- 1) 국토교통부. (2011). 교통시설 투자평가지침(제4차개정).
- 2) 국토교통부. (2012). 경전철 민간투자사업 업무처리지침.
- 3) 국토교통부. (2012). 신교통수단선정 가이드라인 안내서.
- 4) 두산백과. (2016). 경전철. <http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1203144&cid=40942&categoryId=32194>.
- 5) 한국개발연구원. (2008). 도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판).

[국외 문헌]

- 6) National Transport Authority.(2011). Transport Modelling Report - Greater Dublin Area Draft Transport Strategy 2011-2030.
- 7) Bureau of Transport Statistics.(2011). Sydney Strategic Travel Model (STM) Modelling future travel patterns.
- 8) National Cooperative Highway Research Program, American Association of State Highway, Transportation Officials, & Cambridge Systematics. (2012). Travel Demand Forecasting: Parameters and Techniques (Vol. 716). Transportation Research Board.
- 9) City of Calgary. (2006). Volume I: Personal Travel Model Description, City of Calgary 2001 Regional Transportation Model.
- 10) Dft.(2013). Transport analysis guidance unit M3-2 : Public transport assignment modelling.

제4장 대도시권 침투시간계수 산출 방안에 관한 연구

제1절 연구의 개요

제2절 대도시권 시간대별 통행량 분석 및
침투시간계수 산출

제4장 대도시권 첨두시간계수 산출 방안에 관한 연구

제1절 연구의 개요

1. 연구의 수행배경

- KTDB에서 배포중인 대도시권 기종점통행량(O/D) 자료의 시간단위는 전일 O/D임
- 대도시권의 경우 도심의 출퇴근 시간 혼잡 분석을 위해 첨두시간 O/D가 필요함
- 이에 본 연구에서는 KTDB의 전일 O/D를 첨두시간 O/D로 변환하기 위한 첨두시간계수의 산출 방안을 제시하고자 함
- 한국개발연구원의 「도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판), 2008.12.」에서는 수도권 지역의 1시간 통행량의 지속시간과 각 시간대별 집중률을 사례로 제시함
 - 2007년 수도권 가구통행실태조사 자료를 이용하여 첨두 4시간과 비첨두 16시간의 집중률을 산출함
 - 집중율은 오토바이/기타를 제외한 승용차, 택시, 버스, 지하철, 철도 수단통행량을 기준으로 첨두시간(07~09, 18~20), 비첨두시간(9~18, 20~04), 심야시간(4~7)로 구분하여 제시함

<표 4- 1> 수도권 지역의 1시간 통행량의 지속시간과 각 시간대별 집중률(예)

| 구분 | 지속시간 | 집중률 |
|-------|------|-------|
| 첨두시간 | 4 | 8.78% |
| 비첨두시간 | 16 | 3.84% |
| 심야시간 | 4 | - |

자료 : 한국개발연구원, 「도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판), 2008. 12.

- 한국개발연구원의 자료는 심야시간대의 편익을 제외하여 산출하기위한 자료이며, 본 연구에서는 첨두 시간 통행특성 분석을 위한 첨두시간계수 산출을 목적으로 함

2. 연구의 범위

- 공간적 범위 : 대도시권(수도권, 부산·울산권, 대구광역권, 광주광역권, 대전광역권)

| 구분 | 시군 | |
|--------------------|------------------|--|
| | 특별시/광역시 | 인접도시 |
| 수도권 (33개 시·군) | 서울특별시 인천광역시 | 수원시, 성남시, 의정부시, 안양시, 부천시, 광명시, 평택시, 동두천시, 안산시, 고양시, 과천시, 구리시, 남양주시, 오산시, 시흥시, 군포시, 의왕시, 하남시, 용인시, 파주시, 이천시, 안성시, 김포시, 화성시, 광주시, 양주시, 포천시, 여주시, 연천군, 가평군, 양평군(31) |
| 부산·울산권 (8개 시) | 부산광역시 울산광역시 | 양산시, 김해시, 창원시, 밀양시, 경주시, 포항시(6) |
| 대구광역권 (12개 시·군) | 대구광역시 | 포항시, 경주시, 구미시, 영천시, 경산군, 군위군, 청도군, 고령군, 성주군, 칠곡군, 창녕군(11) |
| 광주광역권 (7개 시·군) | 광주광역시 | 나주시, 화순군, 담양군, 장성군, 함평군, 곡성군(6) |
| 대전광역권 (10개 시·군) | 대전광역시 세종특별자치시 | 논산시, 공주시, 금산군, 영동군, 청주시, 옥천군, 보은군, 계룡시(8) |

- 시간적 범위 : 2014년
- 사용 자료 : 2015년 전국 여객 O/D 보완갱신 자료

3. 대도시권 침투시간계수 산출 방안

- 대도시권 침투시간계수 산출은 한국개발연구원의 「도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판), 2008.12.」 수도권 지역의 1시간 통행량의 지속시간과 각 시간대별 집중률 산정과 동일한 방법으로 수행함
- 자료수집현황
 - 침투시간 통행량 분석 및 침투시간계수 산정을 위하여 2015년 전국 여객 O/D 보완갱신 시간대별 통행량 자료를 수집함

○ 분석 방법

- 2015년 전국 여객 O/D 보완갱신 자료 중 대도시권의 출발 시간별 통행량을 이용하여 권역별 통행시간대별 통행특성을 분석함
- 1시간 통행량의 지속시간 및 집중률을 산출하여 침두시간 파악 및 전일 통행량 대비 침두시간의 통행량 비율을 산출함
- 권역별 침두시간 특성 분석 및 침두시간계수를 제시함

제2절 대도시권 시간대별 통행량 분석 및 첨두시간계수 산출

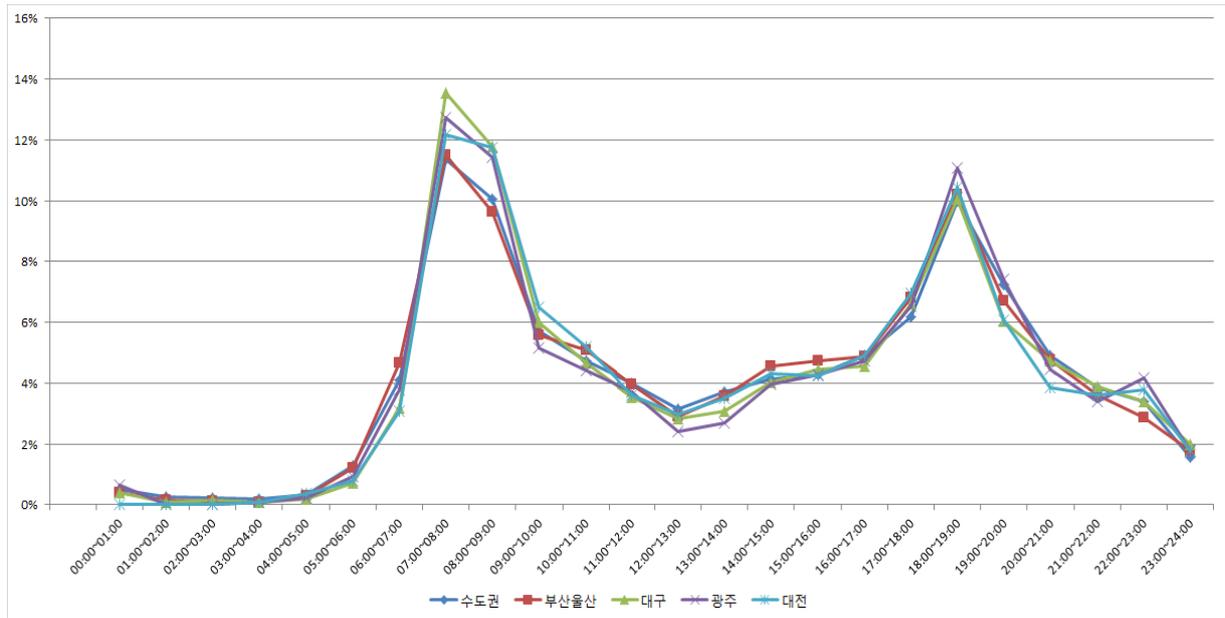
1. 대도시권 시간대별 통행량 분석

- 권역별 시간대별 총통행량은 모든 권역에서 오전 7시~오전8시 통행량이 가장 높게 나타남
- 부산·울산권을 제외한 모든 권역에서 오전 8시~오전9시 통행량이 두 번째로 높게 나타났으며, 부산·울산권은 오후 6시~오후7시 통행량이 두 번째로 높게 나타남

<표 4-2> 권역별 시간대별 총통행량

(단위 : 통행/시)

| 시간대 | 수도권 | 부산·울산권 | 대구광역시권 | 광주광역시권 | 대전광역시권 |
|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 00:00~01:00 | 228,514 | 51,436 | 29,875 | 21,432 | 332 |
| 01:00~02:00 | 119,953 | 18,683 | 5,454 | 386 | 534 |
| 02:00~03:00 | 99,052 | 14,968 | 12,081 | 692 | 517 |
| 03:00~04:00 | 81,021 | 8,802 | 6,219 | 2,749 | 4,138 |
| 04:00~05:00 | 152,874 | 38,545 | 14,102 | 7,073 | 18,337 |
| 05:00~06:00 | 589,457 | 158,332 | 55,011 | 30,564 | 38,854 |
| 06:00~07:00 | 1,913,526 | 607,077 | 242,566 | 124,795 | 155,605 |
| 07:00~08:00 | 5,287,208 | 1,493,589 | 1,029,284 | 418,625 | 612,106 |
| 08:00~09:00 | 4,680,678 | 1,249,061 | 896,800 | 376,552 | 590,924 |
| 09:00~10:00 | 2,666,221 | 722,153 | 457,056 | 169,883 | 327,668 |
| 10:00~11:00 | 2,195,301 | 658,579 | 354,273 | 145,077 | 261,130 |
| 11:00~12:00 | 1,864,796 | 515,318 | 270,071 | 122,195 | 182,330 |
| 12:00~13:00 | 1,464,940 | 374,583 | 215,117 | 79,073 | 149,642 |
| 13:00~14:00 | 1,721,718 | 461,330 | 233,459 | 87,978 | 175,899 |
| 14:00~15:00 | 1,928,082 | 590,496 | 306,510 | 130,186 | 217,735 |
| 15:00~16:00 | 1,981,851 | 616,062 | 339,163 | 140,564 | 213,296 |
| 16:00~17:00 | 2,284,997 | 631,676 | 346,796 | 155,514 | 246,452 |
| 17:00~18:00 | 2,869,619 | 882,489 | 501,113 | 215,068 | 349,874 |
| 18:00~19:00 | 4,647,787 | 1,321,733 | 763,400 | 364,156 | 525,172 |
| 19:00~20:00 | 3,364,435 | 872,510 | 458,049 | 244,110 | 306,350 |
| 20:00~21:00 | 2,291,689 | 619,202 | 360,587 | 146,962 | 194,577 |
| 21:00~22:00 | 1,798,943 | 467,776 | 294,558 | 112,028 | 180,924 |
| 22:00~23:00 | 1,575,296 | 373,454 | 259,072 | 137,023 | 189,918 |
| 23:00~24:00 | 722,361 | 231,023 | 150,649 | 58,745 | 89,265 |
| 합계 | 46,530,321 | 12,978,880 | 7,601,264 | 3,291,431 | 5,031,578 |



<그림 4- 1> 권역별 시간대별 통행량 분포비

- 수도권 시간대별 통행량 오전의 경우 7시~8시 통행이 11.36%로 가장 높게 나타나고 8시~9시 통행이 10.06%로 두 번째로 높게 나타남

<표 4-3> 수도권 시간대별 통행량(오전)

(단위 : 통행/시)

| 시간대 | 승용차 | 버스 | 지하철/철도 | 택시 | 합계 | |
|-------------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|--------|
| | | | | | 총수단 | 시간별 비율 |
| 00:00~01:00 | 61,340 | 23,187 | 10,960 | 133,027 | 228,514 | 0.49% |
| | 26.84% | 10.15% | 4.80% | 58.21% | 100.00% | |
| 01:00~02:00 | 17,068 | 4,337 | 1,768 | 96,780 | 119,953 | 0.26% |
| | 14.23% | 3.62% | 1.47% | 80.68% | 100.00% | |
| 02:00~03:00 | 19,062 | 3,013 | 846.085987 | 76,130 | 99,052 | 0.21% |
| | 19.24% | 3.04% | 0.85% | 76.86% | 100.00% | |
| 03:00~04:00 | 17,142 | 4,491 | 3,145 | 56,243 | 81,021 | 0.17% |
| | 21.16% | 5.54% | 3.88% | 69.42% | 100.00% | |
| 04:00~05:00 | 61,406 | 34,581 | 5,664 | 51,223 | 152,874 | 0.33% |
| | 40.17% | 22.62% | 3.70% | 33.51% | 100.00% | |
| 05:00~06:00 | 253,731 | 176,607 | 98,362 | 60,758 | 589,457 | 1.27% |
| | 43.04% | 29.96% | 16.69% | 10.31% | 100.00% | |
| 06:00~07:00 | 834,571 | 655,928 | 345,116 | 77,911 | 1,913,526 | 4.11% |
| | 43.61% | 34.28% | 18.04% | 4.07% | 100.00% | |
| 07:00~08:00 | 1,981,065 | 1,948,728 | 1,207,790 | 149,626 | 5,287,208 | 11.36% |
| | 37.47% | 36.86% | 22.84% | 2.83% | 100.00% | |
| 08:00~09:00 | 1,830,275 | 1,561,623 | 1,079,440 | 209,340 | 4,680,678 | 10.06% |
| | 39.10% | 33.36% | 23.06% | 4.47% | 100.00% | |
| 09:00~10:00 | 1,038,712 | 962,877 | 469,661 | 194,972 | 2,666,221 | 5.73% |
| | 38.96% | 36.11% | 17.62% | 7.31% | 100.00% | |
| 10:00~11:00 | 885,039 | 752,050 | 358,220 | 199,992 | 2,195,301 | 4.72% |
| | 40.32% | 34.26% | 16.32% | 9.11% | 100.00% | |
| 11:00~12:00 | 774,580 | 614,177 | 280,806 | 195,232 | 1,864,796 | 4.01% |
| | 41.54% | 32.94% | 15.06% | 10.47% | 100.00% | |
| 오전 합계 | 7,773,989 | 6,741,599 | 3,861,780 | 1,501,234 | 19,878,602 | - |
| | 39.11% | 33.91% | 19.43% | 7.55% | 100.00% | |

- 수도권 시간대별 통행량 오후의 경우 18시~19시 통행이 9.99%로 가장 높게 나타나고 19시~20시 통행이 7.23%로 두 번째로 높게 나타남

<표 4-4> 수도권 시간대별 통행량(오후)

(단위 : 통행/시)

| 시간대 | 승용차 | 버스 | 지하철/철도 | 택시 | 합계 | |
|-------------|------------|------------|-----------|-----------|------------|---------|
| | | | | | 총수단 | 시간별 비율 |
| 12:00~13:00 | 592,038 | 470,043 | 223,002 | 179,857 | 1,464,940 | 3.15% |
| | 40.41% | 32.09% | 15.22% | 12.28% | 100.00% | |
| 13:00~14:00 | 724,366 | 575,339 | 241,176 | 180,837 | 1,721,718 | 3.70% |
| | 42.07% | 33.42% | 14.01% | 10.50% | 100.00% | |
| 14:00~15:00 | 867,958 | 588,300 | 286,602 | 185,222 | 1,928,082 | 4.14% |
| | 45.02% | 30.51% | 14.86% | 9.61% | 100.00% | |
| 15:00~16:00 | 811,074 | 690,909 | 286,890 | 192,978 | 1,981,851 | 4.26% |
| | 40.93% | 34.86% | 14.48% | 9.74% | 100.00% | |
| 16:00~17:00 | 823,012 | 894,094 | 368,594 | 199,297 | 2,284,997 | 4.91% |
| | 36.02% | 39.13% | 16.13% | 8.72% | 100.00% | |
| 17:00~18:00 | 1,087,840 | 1,063,814 | 518,242 | 199,723 | 2,869,619 | 6.17% |
| | 37.91% | 37.07% | 18.06% | 6.96% | 100.00% | |
| 18:00~19:00 | 1,976,543 | 1,421,144 | 1,039,261 | 210,839 | 4,647,787 | 9.99% |
| | 42.53% | 30.58% | 22.36% | 4.54% | 100.00% | |
| 19:00~20:00 | 1,360,801 | 1,090,255 | 710,667 | 202,712 | 3,364,435 | 7.23% |
| | 40.45% | 32.41% | 21.12% | 6.03% | 100.00% | |
| 20:00~21:00 | 960,467 | 697,399 | 438,498 | 195,325 | 2,291,689 | 4.93% |
| | 41.91% | 30.43% | 19.13% | 8.52% | 100.00% | |
| 21:00~22:00 | 660,520 | 621,461 | 310,597 | 206,366 | 1,798,943 | 3.87% |
| | 36.72% | 34.55% | 17.27% | 11.47% | 100.00% | |
| 22:00~23:00 | 494,770 | 603,105 | 287,252 | 190,169 | 1,575,296 | 3.39% |
| | 31.41% | 38.29% | 18.23% | 12.07% | 100.00% | |
| 23:00~24:00 | 241,607 | 223,464 | 83,133 | 174,157 | 722,361 | 1.55% |
| | 33.45% | 30.94% | 11.51% | 24.11% | 100.00% | |
| 오후 합계 | 10,600,996 | 8,939,327 | 4,793,914 | 2,317,482 | 26,651,719 | - |
| | 39.78% | 33.54% | 17.99% | 8.70% | 100.00% | |
| 전일 합계 | 18,374,984 | 15,680,926 | 8,655,694 | 3,818,716 | 46,530,321 | 100.00% |
| | 39.49% | 33.70% | 18.60% | 8.21% | 100.00% | |

- 부산울산권 시간대별 통행량 오후의 경우 7시~8시 통행이 11.51%로 가장 높게 나타나고 8시~9시 통행이 9.62%로 두 번째로 높게 나타남

<표 4-5> 부산·울산권 시간대별 통행량(오전)

(단위 : 통행/시)

| 시간대 | 승용차 | 버스 | 지하철/철도 | 택시 | 합계 | |
|-------------|-----------|-------------|-----------|---------|-----------|--------|
| | | | | | 총수단 | 시간별 비율 |
| 00:00~01:00 | 19,914 | 4,457 | 349,40433 | 26,716 | 51,436 | 0.40% |
| | 38.72% | 8.66% | 0.68% | 51.94% | 100.00% | |
| 01:00~02:00 | 5,694 | 822,5743811 | 45,926048 | 12,121 | 18,683 | 0.14% |
| | 30.47% | 4.40% | 0.25% | 64.88% | 100.00% | |
| 02:00~03:00 | 6,044 | 375,9273016 | 0 | 8,548 | 14,968 | 0.12% |
| | 40.38% | 2.51% | 0.00% | 57.11% | 100.00% | |
| 03:00~04:00 | 5,401 | 414,9019802 | 25,9158 | 2,960 | 8,802 | 0.07% |
| | 61.36% | 4.71% | 0.29% | 33.63% | 100.00% | |
| 04:00~05:00 | 19,574 | 4,003 | 495,78381 | 14,472 | 38,545 | 0.30% |
| | 50.78% | 10.38% | 1.29% | 37.55% | 100.00% | |
| 05:00~06:00 | 80,019 | 51,583 | 6,925 | 19,805 | 158,332 | 1.22% |
| | 50.54% | 32.58% | 4.37% | 12.51% | 100.00% | |
| 06:00~07:00 | 352,254 | 207,362 | 22,530 | 24,931 | 607,077 | 4.68% |
| | 58.02% | 34.16% | 3.71% | 4.11% | 100.00% | |
| 07:00~08:00 | 906,570 | 439,752 | 91,945 | 55,323 | 1,493,589 | 11.51% |
| | 60.70% | 29.44% | 6.16% | 3.70% | 100.00% | |
| 08:00~09:00 | 723,827 | 330,993 | 116,636 | 77,605 | 1,249,061 | 9.62% |
| | 57.95% | 26.50% | 9.34% | 6.21% | 100.00% | |
| 09:00~10:00 | 358,455 | 231,221 | 59,094 | 73,383 | 722,153 | 5.56% |
| | 49.64% | 32.02% | 8.18% | 10.16% | 100.00% | |
| 10:00~11:00 | 292,317 | 192,808 | 57,317 | 116,138 | 658,579 | 5.07% |
| | 44.39% | 29.28% | 8.70% | 17.63% | 100.00% | |
| 11:00~12:00 | 221,686 | 151,499 | 39,325 | 102,807 | 515,318 | 3.97% |
| | 43.02% | 29.40% | 7.63% | 19.95% | 100.00% | |
| 오전 합계 | 2,991,756 | 1,615,291 | 394,689 | 534,810 | 5,536,545 | - |
| | 54.04% | 29.18% | 7.13% | 9.66% | 100.00% | |

- 부산울산권 시간대별 통행량 오후의 경우 18시~19시 통행이 10.18%로 가장 높게 나타나고 17시~18시, 19시~20시 통행이 각각 6.80%, 6.72% 순으로 높게 나타남

<표 4-6> 부산·울산권 시간대별 통행량(오후)

(단위 : 통행/시)

| 시간대 | 승용차 | 버스 | 지하철/철도 | 택시 | 합계 | |
|-------------|-----------|-----------|---------|-----------|------------|---------|
| | | | | | 총수단 | 시간별 비율 |
| 12:00~13:00 | 180,223 | 97,472 | 24,574 | 72,314 | 374,583 | 2.89% |
| | 48.11% | 26.02% | 6.56% | 19.31% | 100.00% | |
| 13:00~14:00 | 215,955 | 125,793 | 31,950 | 87,631 | 461,330 | 3.55% |
| | 46.81% | 27.27% | 6.93% | 19.00% | 100.00% | |
| 14:00~15:00 | 271,185 | 165,221 | 44,800 | 109,289 | 590,496 | 4.55% |
| | 45.93% | 27.98% | 7.59% | 18.51% | 100.00% | |
| 15:00~16:00 | 276,815 | 199,120 | 38,180 | 101,946 | 616,062 | 4.75% |
| | 44.93% | 32.32% | 6.20% | 16.55% | 100.00% | |
| 16:00~17:00 | 268,301 | 213,216 | 53,166 | 96,993 | 631,676 | 4.87% |
| | 42.47% | 33.75% | 8.42% | 15.35% | 100.00% | |
| 17:00~18:00 | 451,221 | 299,989 | 60,637 | 70,642 | 882,489 | 6.80% |
| | 51.13% | 33.99% | 6.87% | 8.00% | 100.00% | |
| 18:00~19:00 | 780,577 | 351,473 | 116,132 | 73,551 | 1,321,733 | 10.18% |
| | 59.06% | 26.59% | 8.79% | 5.56% | 100.00% | |
| 19:00~20:00 | 522,601 | 228,311 | 59,355 | 62,243 | 872,510 | 6.72% |
| | 59.90% | 26.17% | 6.80% | 7.13% | 100.00% | |
| 20:00~21:00 | 379,721 | 149,335 | 31,381 | 58,765 | 619,202 | 4.77% |
| | 61.32% | 24.12% | 5.07% | 9.49% | 100.00% | |
| 21:00~22:00 | 247,872 | 138,034 | 28,748 | 53,122 | 467,776 | 3.60% |
| | 52.99% | 29.51% | 6.15% | 11.36% | 100.00% | |
| 22:00~23:00 | 175,101 | 115,346 | 23,193 | 59,814 | 373,454 | 2.88% |
| | 46.89% | 30.89% | 6.21% | 16.02% | 100.00% | |
| 23:00~24:00 | 96,211 | 36,390 | 9,820 | 88,601 | 231,023 | 1.78% |
| | 41.65% | 15.75% | 4.25% | 38.35% | 100.00% | |
| 오후 합계 | 3,865,785 | 2,119,701 | 521,937 | 934,912 | 7,442,335 | - |
| | 51.94% | 28.48% | 7.01% | 12.56% | 100.00% | |
| 전일 합계 | 6,857,540 | 3,734,992 | 916,626 | 1,469,722 | 12,978,880 | 100.00% |
| | 52.84% | 28.78% | 7.06% | 11.32% | 100.00% | |

- 대구광역시권 시간대별 통행량 오전의 경우 7시~8시 통행이 13.54%로 가장 높게 나타나고 8시~9시 통행이 11.80%로 두 번째로 높게 나타남

<표 4-7> 대구광역시권 시간대별 통행량(오전)

(단위 : 통행/시)

| 시간대 | 승용차 | 버스 | 지하철/철도 | 택시 | 합계 | |
|-------------|-----------|-------------|-----------|---------|-----------|--------|
| | | | | | 총수단 | 시간별 비율 |
| 00:00~01:00 | 14,886 | 2,081 | 427.36622 | 12,481 | 29,875 | 0.39% |
| | 49.83% | 6.97% | 1.43% | 41.78% | 100.00% | |
| 01:00~02:00 | 3,559 | 120.0724567 | 0 | 1,775 | 5,454 | 0.07% |
| | 65.25% | 2.20% | 0.00% | 32.54% | 100.00% | |
| 02:00~03:00 | 6,921 | 1,394 | 0 | 3,765 | 12,081 | 0.16% |
| | 57.29% | 11.54% | 0.00% | 31.17% | 100.00% | |
| 03:00~04:00 | 3,212 | 163.8023829 | 0 | 2,843 | 6,219 | 0.08% |
| | 51.65% | 2.63% | 0.00% | 45.72% | 100.00% | |
| 04:00~05:00 | 8,664 | 606.7564447 | 77.912614 | 4,754 | 14,102 | 0.19% |
| | 61.44% | 4.30% | 0.55% | 33.71% | 100.00% | |
| 05:00~06:00 | 36,087 | 6,737 | 1,957 | 10,229 | 55,011 | 0.72% |
| | 65.60% | 12.25% | 3.56% | 18.59% | 100.00% | |
| 06:00~07:00 | 142,745 | 72,770 | 8,073 | 18,980 | 242,566 | 3.19% |
| | 58.85% | 30.00% | 3.33% | 7.82% | 100.00% | |
| 07:00~08:00 | 554,619 | 356,038 | 45,848 | 72,779 | 1,029,284 | 13.54% |
| | 53.88% | 34.59% | 4.45% | 7.07% | 100.00% | |
| 08:00~09:00 | 588,386 | 206,262 | 42,846 | 59,305 | 896,800 | 11.80% |
| | 65.61% | 23.00% | 4.78% | 6.61% | 100.00% | |
| 09:00~10:00 | 268,236 | 110,401 | 31,412 | 47,007 | 457,056 | 6.01% |
| | 58.69% | 24.15% | 6.87% | 10.28% | 100.00% | |
| 10:00~11:00 | 188,842 | 82,799 | 24,414 | 58,219 | 354,273 | 4.66% |
| | 53.30% | 23.37% | 6.89% | 16.43% | 100.00% | |
| 11:00~12:00 | 150,925 | 53,104 | 17,745 | 48,297 | 270,071 | 3.55% |
| | 55.88% | 19.66% | 6.57% | 17.88% | 100.00% | |
| 오전 합계 | 1,967,082 | 892,476 | 172,800 | 340,434 | 3,372,792 | - |
| | 58.32% | 26.46% | 5.12% | 10.09% | 100.00% | |

- 대구광역권 시간대별 통행량 오후의 경우 18시~19시 통행이 10.04%로 가장 높게 나타나고 17시~18시, 19시~20시 통행이 각각 6.59%, 6.03% 순으로 높게 나타남

<표 4-8> 대구광역권 시간대별 통행량(오후)

(단위 : 통행/시)

| 시간대 | 승용차 | 버스 | 지하철/철도 | 택시 | 합계 | |
|-------------|-----------|-----------|---------|---------|-----------|---------|
| | | | | | 총수단 | 시간별 비율 |
| 12:00~13:00 | 119,238 | 39,486 | 13,063 | 43,330 | 215,117 | 2.83% |
| | 55.43% | 18.36% | 6.07% | 20.14% | 100.00% | |
| 13:00~14:00 | 131,051 | 49,035 | 14,454 | 38,920 | 233,459 | 3.07% |
| | 56.13% | 21.00% | 6.19% | 16.67% | 100.00% | |
| 14:00~15:00 | 190,060 | 56,898 | 15,849 | 43,703 | 306,510 | 4.03% |
| | 62.01% | 18.56% | 5.17% | 14.26% | 100.00% | |
| 15:00~16:00 | 194,450 | 81,886 | 17,952 | 44,874 | 339,163 | 4.46% |
| | 57.33% | 24.14% | 5.29% | 13.23% | 100.00% | |
| 16:00~17:00 | 189,329 | 102,105 | 20,865 | 34,497 | 346,796 | 4.56% |
| | 54.59% | 29.44% | 6.02% | 9.95% | 100.00% | |
| 17:00~18:00 | 297,082 | 141,884 | 28,603 | 33,544 | 501,113 | 6.59% |
| | 59.28% | 28.31% | 5.71% | 6.69% | 100.00% | |
| 18:00~19:00 | 506,486 | 164,401 | 42,737 | 49,777 | 763,400 | 10.04% |
| | 66.35% | 21.54% | 5.60% | 6.52% | 100.00% | |
| 19:00~20:00 | 320,833 | 81,986 | 25,834 | 29,396 | 458,049 | 6.03% |
| | 70.04% | 17.90% | 5.64% | 6.42% | 100.00% | |
| 20:00~21:00 | 231,031 | 67,032 | 20,014 | 42,509 | 360,587 | 4.74% |
| | 64.07% | 18.59% | 5.55% | 11.79% | 100.00% | |
| 21:00~22:00 | 167,711 | 74,115 | 15,358 | 37,374 | 294,558 | 3.88% |
| | 56.94% | 25.16% | 5.21% | 12.69% | 100.00% | |
| 22:00~23:00 | 129,608 | 74,251 | 15,258 | 39,955 | 259,072 | 3.41% |
| | 50.03% | 28.66% | 5.89% | 15.42% | 100.00% | |
| 23:00~24:00 | 80,033 | 16,834 | 5,509 | 48,272 | 150,649 | 1.98% |
| | 53.13% | 11.17% | 3.66% | 32.04% | 100.00% | |
| 오후 합계 | 2,556,911 | 949,914 | 235,495 | 486,152 | 4,228,471 | - |
| | 60.47% | 22.46% | 5.57% | 11.50% | 100.00% | |
| 전일 합계 | 4,523,993 | 1,842,390 | 408,294 | 826,586 | 7,601,264 | 100.00% |
| | 59.52% | 24.24% | 5.37% | 10.87% | 100.00% | |

- 광주광역시권 시간대별 통행량 오전의 경우 7시~8시 통행이 12.72%로 가장 높게 나타나고 8시~9시 통행이 11.44%로 두 번째로 높게 나타남

<표 4-9> 광주광역시권 시간대별 통행량(오전)

(단위 : 통행/시)

| 시간대 | 승용차 | 버스 | 지하철/철도 | 택시 | 합계 | |
|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-------------|--------|
| | | | | | 총수단 | 시간별 비율 |
| 00:00~01:00 | 9,839 | 827,30133 | 32,580054 | 10,733 | 21,432 | 0.65% |
| | 45.91% | 3.86% | 0.15% | 50.08% | 100.00% | |
| 01:00~02:00 | 0 | 386,43439 | 0 | 0 | 386,4343854 | 0.01% |
| | 0.00% | 100.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% | |
| 02:00~03:00 | 204,5990579 | 16,389011 | 0 | 471,24499 | 692,2330636 | 0.02% |
| | 29.56% | 2.37% | 0.00% | 68.08% | 100.00% | |
| 03:00~04:00 | 1,157 | 601,41168 | 0 | 991 | 2,749 | 0.08% |
| | 42.09% | 21.87% | 0.00% | 36.04% | 100.00% | |
| 04:00~05:00 | 4,994 | 484,90189 | 0 | 1,594 | 7,073 | 0.21% |
| | 70.61% | 6.86% | 0.00% | 22.53% | 100.00% | |
| 05:00~06:00 | 18,067 | 6,773 | 98,338686 | 5,625 | 30,564 | 0.93% |
| | 59.11% | 22.16% | 0.32% | 18.40% | 100.00% | |
| 06:00~07:00 | 69,853 | 50,067 | 985,98866 | 3,889 | 124,795 | 3.79% |
| | 55.97% | 40.12% | 0.79% | 3.12% | 100.00% | |
| 07:00~08:00 | 280,723 | 121,117 | 8,072 | 8,712 | 418,625 | 12.72% |
| | 67.06% | 28.93% | 1.93% | 2.08% | 100.00% | |
| 08:00~09:00 | 261,265 | 91,532 | 6,048 | 17,707 | 376,552 | 11.44% |
| | 69.38% | 24.31% | 1.61% | 4.70% | 100.00% | |
| 09:00~10:00 | 94,500 | 50,463 | 4,067 | 20,853 | 169,883 | 5.16% |
| | 55.63% | 29.70% | 2.39% | 12.27% | 100.00% | |
| 10:00~11:00 | 78,751 | 40,024 | 2,718 | 23,584 | 145,077 | 4.41% |
| | 54.28% | 27.59% | 1.87% | 16.26% | 100.00% | |
| 11:00~12:00 | 59,267 | 28,618 | 2,802 | 31,507 | 122,195 | 3.71% |
| | 48.50% | 23.42% | 2.29% | 25.78% | 100.00% | |
| 오전 합계 | 878,622 | 390,911 | 24,824 | 125,667 | 1,420,024 | - |
| | 61.87% | 27.53% | 1.75% | 8.85% | 100.00% | |

- 광주광역시권 시간대별 통행량 오후의 경우 18시~19시 통행이 11.06%로 가장 높게 나타나고 19시~20시 통행이 7.42%로 두 번째로 높게 나타남

<표 4-10> 광주광역시권 시간대별 통행량(오후)

(단위 : 통행/시)

| 시간대 | 승용차 | 버스 | 지하철/철도 | 택시 | 합계 | |
|-------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| | | | | | 총수단 | 시간별 비율 |
| 12:00~13:00 | 41,984 | 19,125 | 854,51301 | 17,111 | 79,073 | 2.40% |
| | 53.09% | 24.19% | 1.08% | 21.64% | 100.00% | |
| 13:00~14:00 | 52,489 | 21,144 | 1,606 | 12,738 | 87,978 | 2.67% |
| | 59.66% | 24.03% | 1.83% | 14.48% | 100.00% | |
| 14:00~15:00 | 67,872 | 36,250 | 2,043 | 24,021 | 130,186 | 3.96% |
| | 52.13% | 27.84% | 1.57% | 18.45% | 100.00% | |
| 15:00~16:00 | 71,617 | 39,057 | 1,998 | 27,891 | 140,564 | 4.27% |
| | 50.95% | 27.79% | 1.42% | 19.84% | 100.00% | |
| 16:00~17:00 | 79,413 | 50,894 | 2,127 | 23,080 | 155,514 | 4.72% |
| | 51.06% | 32.73% | 1.37% | 14.84% | 100.00% | |
| 17:00~18:00 | 117,470 | 74,631 | 3,384 | 19,582 | 215,068 | 6.53% |
| | 54.62% | 34.70% | 1.57% | 9.11% | 100.00% | |
| 18:00~19:00 | 258,975 | 78,381 | 7,111 | 19,688 | 364,156 | 11.06% |
| | 71.12% | 21.52% | 1.95% | 5.41% | 100.00% | |
| 19:00~20:00 | 167,202 | 59,678 | 3,174 | 14,055 | 244,110 | 7.42% |
| | 68.49% | 24.45% | 1.30% | 5.76% | 100.00% | |
| 20:00~21:00 | 94,851 | 38,426 | 2,475 | 11,211 | 146,962 | 4.47% |
| | 64.54% | 26.15% | 1.68% | 7.63% | 100.00% | |
| 21:00~22:00 | 68,068 | 27,506 | 2,621 | 13,833 | 112,028 | 3.40% |
| | 60.76% | 24.55% | 2.34% | 12.35% | 100.00% | |
| 22:00~23:00 | 70,036 | 47,948 | 2,143 | 16,897 | 137,023 | 4.16% |
| | 51.11% | 34.99% | 1.56% | 12.33% | 100.00% | |
| 23:00~24:00 | 30,735 | 3,974 | 998 | 23,037 | 58,745 | 1.78% |
| | 52.32% | 6.76% | 1.70% | 39.22% | 100.00% | |
| 오후 합계 | 1,120,714 | 497,014 | 30,534 | 223,145 | 1,871,407 | - |
| | 59.89% | 26.56% | 1.63% | 11.92% | 100.00% | |
| 전일 합계 | 1,999,336 | 887,925 | 55,358 | 348,812 | 3,291,431 | 100.00% |
| | 60.74% | 26.98% | 1.68% | 10.60% | 100.00% | |

- 대전광역시권 시간대별 통행량 오전의 경우 7시~8시 통행이 12.17%로 가장 높게 나타나고 8시~9시 통행이 11.74%로 두 번째로 높게 나타남

<표 4-11> 대전광역시권 시간대별 통행량(오전)

(단위 : 통행/시)

| 시간대 | 승용차 | 버스 | 지하철/철도 | 택시 | 합계 | |
|-------------|--------------|--------------|------------|------------|--------------|--------|
| | | | | | 총수단 | 시간별 비율 |
| 00:00~01:00 | 166,272,575 | 0 | 0 | 165,261,05 | 331,533,6025 | 0.01% |
| | 50.15% | 0.00% | 0.00% | 49.85% | 100.00% | |
| 01:00~02:00 | 440,135,1384 | 93,672,92324 | 0 | 0 | 533,808,0616 | 0.01% |
| | 82.45% | 17.55% | 0.00% | 0.00% | 100.00% | |
| 02:00~03:00 | 478,788,5658 | 37,841,11411 | 0 | 0 | 516,629,6799 | 0.01% |
| | 92.68% | 7.32% | 0.00% | 0.00% | 100.00% | |
| 03:00~04:00 | 3,075 | 371,783,2251 | 119,267,27 | 572,483,06 | 4,138 | 0.08% |
| | 74.30% | 8.98% | 2.88% | 13.83% | 100.00% | |
| 04:00~05:00 | 11,109 | 3,118 | 140,407,73 | 3,969 | 18,337 | 0.36% |
| | 60.58% | 17.00% | 0.77% | 21.65% | 100.00% | |
| 05:00~06:00 | 28,172 | 6,405 | 829,701,68 | 3,447 | 38,854 | 0.77% |
| | 72.51% | 16.48% | 2.14% | 8.87% | 100.00% | |
| 06:00~07:00 | 113,658 | 34,620 | 1,413 | 5,914 | 155,605 | 3.09% |
| | 73.04% | 22.25% | 0.91% | 3.80% | 100.00% | |
| 07:00~08:00 | 398,471 | 170,867 | 12,992 | 29,776 | 612,106 | 12.17% |
| | 65.10% | 27.91% | 2.12% | 4.86% | 100.00% | |
| 08:00~09:00 | 409,938 | 146,002 | 15,681 | 19,303 | 590,924 | 11.74% |
| | 69.37% | 24.71% | 2.65% | 3.27% | 100.00% | |
| 09:00~10:00 | 186,432 | 93,530 | 8,504 | 39,203 | 327,668 | 6.51% |
| | 56.90% | 28.54% | 2.60% | 11.96% | 100.00% | |
| 10:00~11:00 | 141,166 | 62,880 | 7,020 | 50,065 | 261,130 | 5.19% |
| | 54.06% | 24.08% | 2.69% | 19.17% | 100.00% | |
| 11:00~12:00 | 107,479 | 34,652 | 6,653 | 33,546 | 182,330 | 3.62% |
| | 58.95% | 19.01% | 3.65% | 18.40% | 100.00% | |
| 오전 합계 | 1,400,584 | 552,578 | 53,352 | 185,961 | 2,192,475 | - |
| | 63.88% | 25.20% | 2.43% | 8.48% | 100.00% | |

- 대전광역권 시간대별 통행량 오후의 경우 18시~19시 통행이 10.44%로 가장 높게 나타나고 17시~18시, 19시~20시 통행이 각각 6.95%, 6.09% 순으로 높게 나타남

<표 4-12> 대전광역권 시간대별 통행량(오후)

(단위 : 통행/시)

| 시간대 | 승용차 | 버스 | 지하철/철도 | 택시 | 합계 | |
|-------------|-----------|-----------|---------|---------|-----------|---------|
| | | | | | 총수단 | 시간별 비율 |
| 12:00~13:00 | 93,644 | 25,866 | 2,758 | 27,374 | 149,642 | 2.97% |
| | 62.58% | 17.29% | 1.84% | 18.29% | 100.00% | |
| 13:00~14:00 | 103,580 | 38,638 | 5,033 | 28,648 | 175,899 | 3.50% |
| | 58.89% | 21.97% | 2.86% | 16.29% | 100.00% | |
| 14:00~15:00 | 135,326 | 44,839 | 7,718 | 29,852 | 217,735 | 4.33% |
| | 62.15% | 20.59% | 3.54% | 13.71% | 100.00% | |
| 15:00~16:00 | 131,348 | 49,743 | 6,402 | 25,803 | 213,296 | 4.24% |
| | 61.58% | 23.32% | 3.00% | 12.10% | 100.00% | |
| 16:00~17:00 | 132,324 | 85,013 | 6,946 | 22,169 | 246,452 | 4.90% |
| | 53.69% | 34.49% | 2.82% | 9.00% | 100.00% | |
| 17:00~18:00 | 198,221 | 106,055 | 9,114 | 36,484 | 349,874 | 6.95% |
| | 56.66% | 30.31% | 2.60% | 10.43% | 100.00% | |
| 18:00~19:00 | 381,661 | 103,043 | 13,361 | 27,107 | 525,172 | 10.44% |
| | 72.67% | 19.62% | 2.54% | 5.16% | 100.00% | |
| 19:00~20:00 | 229,662 | 49,103 | 8,681 | 18,904 | 306,350 | 6.09% |
| | 74.97% | 16.03% | 2.83% | 6.17% | 100.00% | |
| 20:00~21:00 | 135,996 | 37,946 | 3,858 | 16,777 | 194,577 | 3.87% |
| | 69.89% | 19.50% | 1.98% | 8.62% | 100.00% | |
| 21:00~22:00 | 116,462 | 32,096 | 3,652 | 28,714 | 180,924 | 3.60% |
| | 64.37% | 17.74% | 2.02% | 15.87% | 100.00% | |
| 22:00~23:00 | 95,228 | 52,471 | 2,773 | 39,446 | 189,918 | 3.77% |
| | 50.14% | 27.63% | 1.46% | 20.77% | 100.00% | |
| 23:00~24:00 | 43,567 | 10,193 | 1,704 | 33,800 | 89,265 | 1.77% |
| | 48.81% | 11.42% | 1.91% | 37.87% | 100.00% | |
| 오후 합계 | 1,797,020 | 635,006 | 71,999 | 335,077 | 2,839,103 | - |
| | 63.30% | 22.37% | 2.54% | 11.80% | 100.00% | |
| 전일 합계 | 3,197,604 | 1,187,584 | 125,351 | 521,039 | 5,031,578 | 100.00% |
| | 63.55% | 23.60% | 2.49% | 10.36% | 100.00% | |

2. 대도시권 첨두시간계수 산출

- 모든 권역의 지속시간은 한국개발연구원의 「도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판), 2008.12.」 수도권 지역의 1시간 통행량의 지속시간에서 제시한 첨두시간 4시간, 비첨두시간 16시간, 심야시간 4시간으로 설정함
- 첨두시간 4시간
 - 오전첨두 2시간 : 오전 7시~9시
 - 오후첨두 2시간 : 오후 18시~20시(수도권, 광주광역시권)
오후 17시~19시(부산울산권, 대구광역시권, 대전광역시권)
- 비첨두 16시간 : 첨두시간 4시간, 심야시간 4시간을 제외한 16시간
- 심야시간 4시간 : 오전 1시~5시

가. 수도권

- 수도권 지역의 1시간 통행량 집중율은 첨두시간 9.66%, 비첨두시간 3.77%임

<표 4-13> 수도권 지역의 1시간 통행량의 지속시간과 각 시간대별 집중률

| 구분 | 지속시간 | 집중율 |
|-------|------|-------|
| 첨두시간 | 4 | 9.66% |
| 비첨두시간 | 16 | 3.77% |
| 심야시간 | 4 | - |

나. 부산울산권

- 부산울산권 지역의 1시간 통행량 집중율은 첨두시간 9.53%, 비첨두시간 3.83%임

<표 4-14> 부산울산권 지역의 1시간 통행량의 지속시간과 각 시간대별 집중률

| 구분 | 지속시간 | 집중율 |
|-------|------|-------|
| 첨두시간 | 4 | 9.53% |
| 비첨두시간 | 16 | 3.83% |
| 심야시간 | 4 | - |

다. 대구광역권

- 대구광역권 지역의 1시간 통행량 집중율은 침투시간 10.49%, 비침투시간 3.60%임

<표 4- 15> 대구광역권 지역의 1시간 통행량의 지속시간과 각 시간대별 집중률

| 구분 | 지속시간 | 집중율 |
|-------|------|--------|
| 침투시간 | 4 | 10.49% |
| 비침투시간 | 16 | 3.60% |
| 심야시간 | 4 | - |

라. 광주광역권

- 광주광역권 지역의 1시간 통행량 집중율은 침투시간 10.66%, 비침투시간 3.56%임

<표 4- 16> 광주광역권 지역의 1시간 통행량의 지속시간과 각 시간대별 집중률

| 구분 | 지속시간 | 집중율 |
|-------|------|--------|
| 침투시간 | 4 | 10.66% |
| 비침투시간 | 16 | 3.56% |
| 심야시간 | 4 | - |

마. 대전광역권

- 대전광역권 지역의 1시간 통행량 집중율은 침투시간 10.33%, 비침투시간 3.64%임

<표 4- 17> 대전광역권 지역의 1시간 통행량의 지속시간과 각 시간대별 집중률

| 구분 | 지속시간 | 집중율 |
|-------|------|--------|
| 침투시간 | 4 | 10.33% |
| 비침투시간 | 16 | 3.64% |
| 심야시간 | 4 | - |