

2020년 「국가교통조사·DB시스템 운영 및
유지보수」

빅 데이터 기반 화물 O/D 신뢰도 제고 연구

8

제 출 문

국토교통부장관 귀하

본 보고서를 「2020년도 국가교통조사 및 DB시스템 운영 및 유지 보수」 최종보고서로 제출합니다.

2020년 12월

한국교통연구원

원장 오 재 학

**본 『2020년도 국가교통조사 및 DB시스템 운영 및
유지보수』는 다음 연구진에 의해 수행되었습니다.**

참 여 연 구 진

<한국교통연구원>	
연구책임자	◦ 김주영 연구위원
연 구 진	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 박인기, 최정민, 조종석, 천승훈 연구위원 ◦ 박용일, 황순연, 장동익, 성홍모, 원민수, 김병관, 우왕희 부연구위원 ◦ 신영권, 김동호, 김규진, 김정은 주임전문원, 이종우 전문연구원 ◦ 가보연, 강국수, 강명제, 곽명신, 김관용, 김성민, 김운태, 김은미, 김 현, 박미란, 박준호, 오연선, 이선아, 이슬기, 이채영, 이해선, 조용훈, 채정표, 홍성표 연 구 원 ◦ 강아라 연구조원
<한국해양수산개발원>	
연 구 진	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 전형진, 이종필 부연구위원 ◦ 류희영 연구원
<한국항공협회>	
연 구 진	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 성인영 실장 ◦ 강영주 과장, 김창욱 대리

『2020년도 국가교통조사 및 DB구축사업』

보고서 구성 및 담당연구진

번 호	과 제 명	연 구 진
제 1권	요약 보고서	김주영, 최정민, 신영권, 박준호
제 2권	전국 여객 O/D 보완 갱신	조종석, 강국수, 박미란
제 3권	빅데이터 분석 지원 사업	장동익, 김동호, 홍성표, 우왕희
제 4권	여객 O/D 신뢰도 제고 예비조사	조종석, 김동호, 채정표, 김병관
제 5권	항공여객 O/D 및 특성조사	한국항공협회
제 6권	전국 화물 O/D 보완 갱신	박인기, 김정은, 조용훈, 가보연, 김운태
제 7권	해상 화물 O/D 보완 갱신	한국해양수산개발원
제 8권	빅데이터 기반 화물 O/D 신뢰도 제고 연구	박인기, 성홍모, 김정은, 강명제
제 9권	교통분석용 네트워크 구축	최정민, 이선아, 이슬기
제10권	KTDB 플랫폼 기반지도 구축	김동호, 김관용
제11권	국가 교통통계 DB 구축	박용일, 곽명신
제12권	특별교통대책 기간 통행실태조사	우왕희, 김은미
제13권	교통혼잡 지도 DB 구축	천승훈, 김성민, 이채영
제14권	대중교통 정책지원 고도화를 위한 모바일 빅데이터 DB구축	원민수, 이해선, 이종우, 백현진
제15권	교통유발원 단위 조사	황순연, 오연선, 김현
제16권	국가교통물류 경쟁력지표 조사연구	장동익, 홍성표
별 권	DB시스템 운영 및 유지보수	신영권, 김규진, 박준호

『2020년도 국가교통조사 및 DB구축사업』

과제별 공동참여·위탁용역 사업자

【공동사업 참여기관】

- 전국 여객O/D 현행화 공동사업 (제주특별자치도 부문)
 - 홍익대학교산학협력단
- 전국 여객O/D 현행화 공동사업 (부산·울산권 부문)
 - ㈜두운엔지니어링, 경성대학교산학협력단
- 전국 여객O/D 현행화 공동사업 (대전·세종·충청권 부문)
 - ㈜신명이앤씨
- 항공O/D 및 특성 조사
 - (사)한국항공협회

【위탁용역 사업자】

- 전국 일반버스 도로기반 교통 네트워크 구축
 - ㈜아로정보기술
- 빅데이터 기반 O/D검증을 위한 스마트폰 기반 GPS조사
 - ㈜컨슈머인사이트
- 가구통행실태조사 예비조사
 - ㈜코리아데이터네트워크
- 영업용 화물차 운행기록계 빅데이터를 이용한 화물 기종점통행량 및 운행특성 분석연구
 - ㈜노트스퀘어
- 도로 및 철도 교통분석용 네트워크 보완갱신
 - ㈜올포랜드, ㈜엔토포스

【위탁용역 사업자】

- KTDB 교통빅데이터 플랫폼 (View-T) 기반맵 구축
 - ㈜큐빅웨어
- 국가교통DB Breif발간대행
 - ㈜우공이산
- 특별교통통행실태조사 및 이용자 만족도 조사
 - ㈜컨슈머인사이트
- View-T 서비스 제공을 위한 차량 모빌리티 데이터 구축 및 기능 개선
 - 큐빅웨어/ ITS학회
- 교통유발원단위 조사
 - ㈜아이로드테크, ㈜지알아이리서치, 주식회사 시그널웍스
- 모바일 데이터 기반 교통 분석용 DB 구축 및 View-T 2.0 분석 서비스 개발
 - 충북대학교산학협력단, ㈜큐빅웨어, ㈜넷케이티아이

최종보고서 목차

제 1권 요약 보고서

제 2권 전국 여객 O/D 보완 갱신

제 3권 빅데이터 분석 지원 사업

제 4권 여객 O/D 신뢰도 제고 예비조사

제 5권 항공여객 O/D 및 특성조사

제 6권 전국 화물 O/D 보완 갱신

제 7권 해상 화물 O/D 보완 갱신

제 8권 빅데이터 기반 화물 O/D 신뢰도 제고 연구

제 9권 교통분석용 네트워크 구축

제 10권 KTDB 플랫폼 기반지도 구축

제 11권 국가 교통통계 DB 구축

제 12권 특별교통대책 기간 통행실태조사

제 13권 교통혼잡 지도 DB 구축

제 14권 대중교통 정책지원 고도화를 위한 모바일 빅데이터 DB 구축

제 15권 교통유발원 단위 조사

제 16권 국가교통물류 경쟁력지표 조사연구

별 권 DB 시스템 운영 및 유지보수

목 차

요 약

제1장 과업의 개요	1
------------------	---

제1절 과업의 배경 및 범위 / 3

제2장 화물차 운행거리 기록계자료를 활용 기종점통행량 및 운행특성 분석 기준 연구 고찰	7
---	---

제1절 개요 / 9

제2절 화물부문 운행거리기록계자료를 활용한 기존 연구 / 9

제3장 화물차 운행기록계 자료를 활용 화물자동차 기종점통행량 구축방안	39
--	----

제1절 자료 구조 분석 / 41

제2절 전처리과정 구축 / 45

제3절 분석 방법론 정립 / 47

제4절 화물차 운행기록계 자료의 유형별 이상치 분석 및 처리방안 / 58

제5절 화물 기종점통행량 분석 / 66

제4장 화물차 운행기록계 자료를 활용 화물자동차 기종점통행량 및 운행특성 분석 ...	79
---	----

제1절 화물자동차 운행특성 분석 / 81

제2절 고속도로 이용 특성분석 / 93

제3절 물류거점 통행량 분석 / 101

제5장 결론	103
--------------	-----

제1절 결론 / 105

제2절 향후 연구과제 / 106

참고문헌

표 차례

〈표 3-1〉 영업용화물자동차 운행기록계(DTG) 원시자료 구조	41
〈표 3-2〉 화물자동차 운행기록계(DTG)의 운행지역 코드	44
〈표 3-3〉 맵 매칭 전 후 궤적 예시 (좌 GPS 궤적, 우 맵매칭 궤적)	56
〈표 3-4〉 맵 매칭 부가기능: 사용 도로 이름 출력 예시	57
〈표 3-5〉 영업용화물자동차 운행거리 기록계의 통행 추출 결과	66
〈표 3-6〉 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 통행 발생량 및 도착량	67
〈표 3-7〉 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 시도별 톤급별 발생량 비율	68
〈표 3-8〉 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 시도 내부통행 비율	69
〈표 3-9〉 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 전체 표본 O/D	70
〈표 3-10〉 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 소형 표본 O/D	70
〈표 3-11〉 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 중형 표본 O/D	71
〈표 3-12〉 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 대형 표본 O/D	71
〈표 3-13〉 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 시도별 평균 통행시간	72
〈표 3-14〉 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 시도별 평균 통행거리	73
〈표 3-15〉 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 지역별 톤급별 일평균 통행시간	74
〈표 3-16〉 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 지역별 톤급별 일평균 통행거리	75
〈표 3-17〉 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 지역별 톤급별 표본 차량수	76
〈표 3-18〉 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 지역별 톤급별 일평균 통행수	77
〈표 4-1〉 2017년 조사자료와 2019년 화물차 운행기록계 자료의 톤급별 급간별 통행분포 결과 비교	83
〈표 4-2〉 화물차 운행기록계 자료의 톤급별 총통행수 기준의 차량수	84
〈표 4-3〉 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 1일기준 트립체인 유형(1~3통행 기준)	85
〈표 4-4〉 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 차량유형별 트립체인 분석(1~3통행 기준)	86
〈표 4-5〉 톤급별 화물운전자의 통행수	91
〈표 4-6〉 요일별 톤급별 화물운전자의 통행시간	91

〈표 4-7〉 요일별 톤급별 화물운전자의 통행거리	91
〈표 4-8〉 차량유형별 톤급별 화물운전자의 통행시간 및 통행거리	92
〈표 4-9〉 차량유형별 톤급별 화물운전자의 통행수	92
〈표 4-10〉 전체차량 중 고속도로를 이용한 지역별 톤급별 차량수	94
〈표 4-11〉 고속도로 이용차량의 지역별 톤급별 평균 이용횟수	95
〈표 4-12〉 고속도로이용 차량 중 휴게소 이용차량 수	95
〈표 4-13〉 시도별 고속도로 TG 현황	96
〈표 4-14〉 시도별 톤급별 고속도로 TG 진출입 통행량	97
〈표 4-15〉 물류거점 유형별 통행량 및 거점반경	101
〈표 4-16〉 주요 물류거점별 고속도로 TG 진출입차량 분석결과	102

그림 차례

〈그림 2-1〉 첨단교통자료를 활용한 교통지표 DB 구축 유효 통행 추출 과정	10
〈그림 2-2〉 모바일 자료, GPS 자료, 블루투스 자료 기술적 특성 비교	11
〈그림 2-3〉 연구분야에 따른 모바일 자료, GPS 자료 적합성 비교	12
〈그림 2-4〉 모바일 자료, GPS 자료, 블루투스 자료 장단점 비교	13
〈그림 2-5〉 미국 시카고-트윈시티 교통축 지점별 화물자동차 도착 통행수	14
〈그림 2-6〉 미국 시카고-트윈시티 교통축 화물차 휴게시간 분포	14
〈그림 2-7〉 미국의 Puset Sound Region 지역 GPS 자료 OD 추출과정 알고리즘 흐름도	15
〈그림 2-8〉 미국의 Puset Sound Region 지역 온라인 화물차 화물 운행지표 시스템 흐름도	15
〈그림 2-9〉 플로리다 주 GPS 자료 기반 화물차 통행수	16
〈그림 2-10〉 플로리다 주 GPS 자료 기반 화물차 하루 통행비율	16
〈그림 2-11〉 플로리다 주 GPS 원시자료에서 통행 추출 알고리즘	17
〈그림 2-12〉 중국 화물자동차 운행기록계 자료 구조	18
〈그림 2-13〉 중국 화물자동차 운행기록계 월별, 특정일 지역 간 및 지역 내 통행 분석	18
〈그림 2-14〉 중국 화물자동차 운행기록계 지역 간 및 지역 내 통행을 하루 통행 출발 및 도착 시점	19
〈그림 2-15〉 미국 플로리다주 관측교통량 대비 GPS 자료 표본 비율	19
〈그림 2-16〉 미국 플로리다주 관측교통량과 추정교통량 비교	20
〈그림 2-17〉 Ma, Xiaolei 연구의 통행사슬 정의	20
〈그림 2-18〉 Ma, Xiaolei 연구의 다수 통행 사슬 예시	21
〈그림 2-19〉 미국 애리조나주 GPS 자료 맵매칭 과정	21
〈그림 2-20〉 미국 애리조나주 GPS 자료 활용한 교통량 흐름	22
〈그림 2-21〉 미국 애리조나주 GPS 자료 활용한 시간대별 분석	22
〈그림 2-22〉 헝가리의 중대형 화물차 소형 화물차 기종점통행량 추정과정	23
〈그림 2-23〉 미국 캘리포니아주 컨테이너 화물차 GPS 자료 정제 과정	24
〈그림 2-24〉 미국 캘리포니아주 컨테이너 화물차 GPS 자료 활용 통행 행태 유형 구분	25
〈그림 2-25〉 GPS 자료 활용 LNG 및 디젤 화물차 통행 및 투어 비교 분석 결과	25
〈그림 2-26〉 캐나다 켈거리 화물차 GPS 자료 활용 통행행태 분석 알고리즘	26
〈그림 2-27〉 화물차 운행기록계 자료 활용 정차 시간 기준 기존 연구 분석 결과	26

〈그림 2-28〉 캐나다 켈거리 화물차 GPS 자료 활용 시간대별 출발 및 도착 통행 분포	27
〈그림 2-29〉 캐나다 켈거리 화물차 GPS 자료 활용 일주일 통행 특성 결과	27
〈그림 2-30〉 캐나다 켈거리 화물차 GPS 자료 활용 정차시간 누적 및 빈도 분포	27
〈그림 2-31〉 태국 GPS 자료 활용 휴게 및 상하차 정차시간 분포	28
〈그림 2-32〉 태국 GPS기반 화물자동차 추정교통량과 관측교통량 비교 분포	28
〈그림 2-33〉 미국 아칸소주 화물차 운행기록계 자료 활용 화물차 운행 특성 유형 구분	29
〈그림 2-34〉 미국 아칸소주 화물차 운행기록계 자료 활용 화물차 통행 구분 알고리즘	30
〈그림 2-35〉 미국 아칸소주 화물차 운행기록계 자료 활용 화물차 품목별 통행 특성 분석 결과	31
〈그림 2-36〉 미국 아칸소주 화물차 운행기록계 자료 활용 화물차 통행행태 군집분석 결과	32
〈그림 2-37〉 미국 아칸소주 화물차 운행기록계 자료 활용 화물차 통행 행태 분류 결과	32
〈그림 2-38〉 미국 아칸소주 화물차 운행기록계 자료 활용 화물차 일별 통행행태 분류 결과	33
〈그림 2-39〉 미국 아칸소주 화물차 운행기록계 자료 활용 화물차 산업별 통행행태 분류 방법	34
〈그림 2-40〉 GPS 자료 활용 화물차 활동 분석 추정 기준 연구 고찰	35
〈그림 2-41〉 태국 GPS 자료 활용 품목별 화물차 활동 분석 과정	35
〈그림 2-42〉 태국 GPS 자료 활용 화물차 활동 분석 방법론 기준 비교	36
〈그림 2-43〉 태국 GPS 자료 활용 7가지 품목별 화물차 통행 특성	36
〈그림 2-44〉 일본 도쿄 화물차 통행 및 투어 출발시간 분포 특성	37
〈그림 2-45〉 일본 도쿄 화물차 투어 행태 선택 모형 추정 결과	37
〈그림 2-46〉 미국 플로리다주 GPS 자료 활용 화물차 교통량 추정 결과와 관측교통량 비교	38
〈그림 3-1〉 HDF5 저장 구조 스키마(트리 구조 형태의 파일 저장)	46
〈그림 3-2〉 영업용화물자동차 운행거리 기록계자료를 활용한 기종점통행량 구축방안	47
〈그림 3-3〉 일반적인 차량의 화물차 운행기록계에 기록되어 있는 시간-속도 그래프	48
〈그림 3-4〉 주유소 중간정차 검출 폴리곤 예시 (알뜰삼국주유소)	52
〈그림 3-5〉 휴게소 중간정차 검출 폴리곤 예시 (음성휴게소)	53
〈그림 3-6〉 GPS 궤적에서 발견된 스파이크 형태의 오류 (빨간색 화살표가 가리키는 지점)	59
〈그림 3-7〉 GPS 궤적을 확대한 결과 궤적의 노이즈가 발생하는 모습	60
〈그림 3-8〉 운전자의 휴식시간 전후 GPS 궤적	61
〈그림 3-9〉 화물차 운행기록계 자료의 통행 추출 결과	66

〈그림 3-10〉 화물차 운행기록계 자료의 시도별 화물차 발생량 비율(%)	68
〈그림 3-11〉 화물차 운행기록계 자료의 톤급별 일평균 통행시간(단위: 시간/일)	74
〈그림 3-12〉 화물차 운행기록계 자료의 톤급별 일평균 통행거리(단위: km/일)	75
〈그림 3-13〉 화물차 운행기록계 자료의 톤급별 일평균 통행수(단위: 통행/일)	77
〈그림 4-1〉 톤급별 통행거리 급간별 빈도수 분포(2017년 조사자료)	81
〈그림 4-2〉 톤급별 통행거리 급간별 빈도수 분포(2019년 DTG자료)	82
〈그림 4-3〉 화물차 운행기록계 자료의 1통행 ~ 3통행 기준 트립체인 주요 유형	87
〈그림 4-4〉 화물차 운행기록계 자료의 4통행 기준 트립체인 주요 유형	88
〈그림 4-5〉 화물차 운행기록계 자료의 5통행 기준 트립체인 주요 유형	88
〈그림 4-6〉 통행분석 전체경로 리포트 1	89
〈그림 4-7〉 통행분석 통행별 경로 리포트 2	90
〈그림 4-8〉 서울요금소 예시 (빨간색 빗금 다각형 부분)	93
〈그림 4-9〉 시도별 톤급별 고속도로 TG 진입하는 차량의 통행비율(단위: %)	97
〈그림 4-10〉 전체 고속도로 요금소 지점(빨간 점)	98
〈그림 4-11〉 고속도로 TG기준 화물자동차 진출입 분포(서울, 포항)	99
〈그림 4-12〉 고속도로 TG기준 화물자동차 진출입 분포(대구광역시)	100
〈그림 4-13〉 물류거점 유형별 평균 차량수(단위: 대/거점)	102

요약



요 약

1. 과업의 개요

가. 과업의 배경 및 범위

1) 과업의 배경

- 정보통신기술의 발전에 따라 빅데이터를 수집/가공할 수 있는 여건이 갖추어짐에 따라서 공공/민간기관 모두 관련 빅데이터를 수집하고 있으며, 화물 기종점통행량 구축 사업도 환경변화가 필요함
- 기존의 화물기종점통행량은 설문 응답자를 컨택하여 인터뷰를 수행하는 면접조사 방식의 소규모 표본 조사 자료를 바탕으로 차량 또는 물동량 전체로 변환하여 구축하는 방식이며, 설문조사 방법은 시간이 갈수록 설문 응답을 받기가 어려워지고 있으며, 조사비용 또한 증가하고 있는 실정임
- 화물기종점통행량 자료는 국가물류계획을 수립하고 정책방안을 제시하기 위해 이용하는 기초자료로써, 화물부문 빅데이터를 활용하여 정확성과 효율성을 높이기 위한 기종점통행량 구축 기초연구가 필요함
- 영업용화물차운행기록자료 등 화물·물류부문 교통 빅데이터를 활용하여 전통적인 조사기반 기종점통행량 구축과정을 개선하고 검증하기 위한 연구를 수행하고자 함

2) 과업의 필요성

- 공공/민간기관에서 보유하고 있는 화물교통 관련 빅데이터를 조사하고 수집하여 KTDB로 구축하는 과정이 필요함
- 화물 기종점통행량 자료의 신뢰성을 제고하기 위한 방안으로 빅데이터를 활용하여 조사표본율과 조사내용 및 조사방법에 대한 새로운 조사체계와 이를 활용 전수화하는 과정을 수립하는 것이 시급함
- 조사기반 물동량 기종점통행량과 화물자동차 기종점통행량은 모든 수단, 산업, 차종을 반영하는데 한계가 있어 화물물류 빅데이터 기반 기종점통행량 구축 시범 연구를 통하여 기존 구축체계를 보완 및 대체하기 위한 노력이 필요함

- 빅데이터를 이용한 화물 기종점통행량 구축 방안을 검토하고 조사가 반드시 필요한 부분과 빅데이터를 활용하여 정확도를 높일 수 있는 부분을 검토가 요구되어지며, 향후 화물 기종점통행량 구축체계 전환 방안을 수립하고자 함

3) 과업의 범위

① 시간적 범위

- 과업범위 : 2019년 1월 ~ 12월

② 공간적 범위

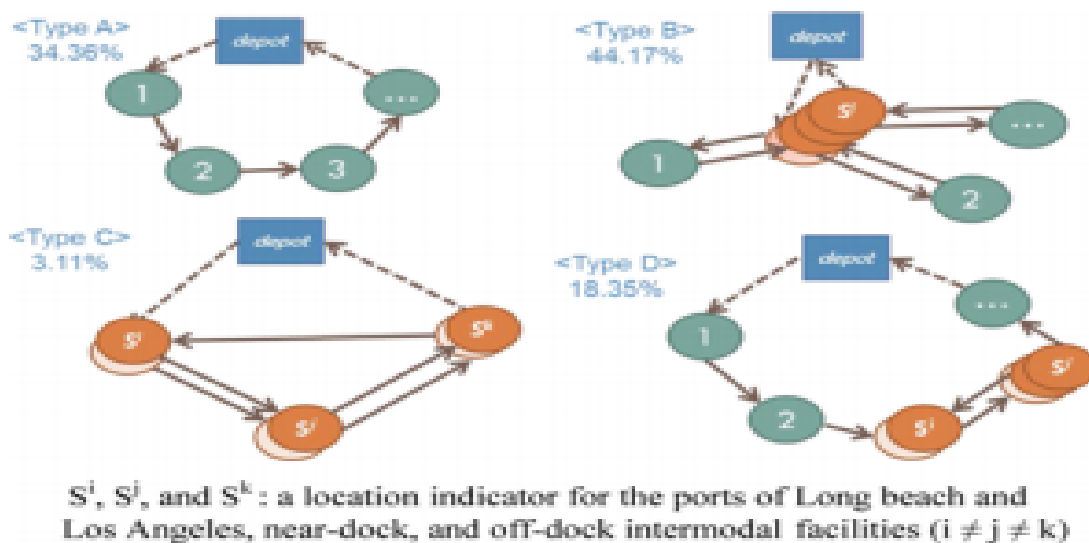
- 제주도를 제외한 전국을 대상으로 함

③ 내용적 범위

- 화물자동차 기반 빅데이터 활용 화물 운행특성 분석관련 문헌 검토
- 화물차 운행기록계 자료를 활용 화물자동차 기종점통행량 구축방안
- 화물차 운행기록계 자료를 활용 화물자동차 기종점통행량 및 운행특성 분석
- 기대효과
 - 신뢰성 있는 기초자료 구축을 통한 공공 교통시설 타당성 평가 자료의 객관성 확보 및 교통정책 개발 및 연구의 신뢰성 증진됨
 - 화물물류 부문 빅데이터를 활용하여 기종점통행량 구축 방안을 검토하여 기존 인력식 면접조사와 표본조사의 한계를 극복할 수 있음
 - 빅데이터를 기반 기종점통행량 구축을 통해 자료의 갱신 주기를 줄이고 지역별 화물 교통수요 변화분을 시의성 있게 반영될 것이라 판단됨

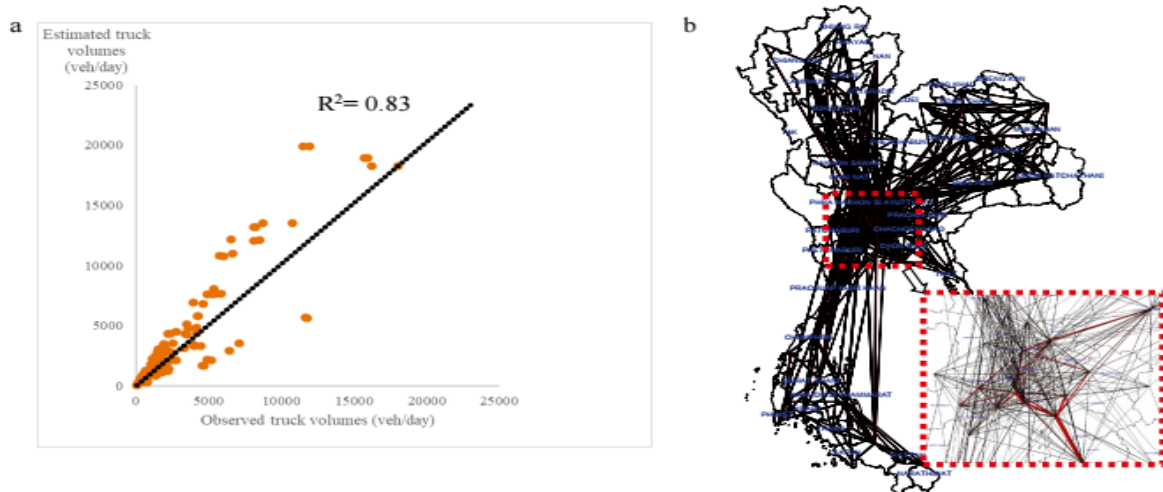
2. 화물차 운행거리 기록계자료를 활용 기종점통행량 및 운행특성 분석 기존 연구 고찰

- 1) A GPS data processing framework for analysis of drayage truck tours, You, S. I., & Ritchie, S. G. (2018).
 - 미국 캘리포니아주 성 페트로 항만 화물차 GPS 자료를 바탕으로 운행행태 파악을 위해 자료 처리과정, 운행행태 분석기준 정립한 후, 운행특성 분석을 수행함
 - 통행 및 투어 관련 횟수, 시간, 거리 지표를 통해 출발 및 도착 시점, 요일별, 월별, 연료별 운행특성을 분석하였으며, 운행행태를 크게 4가지로 구분하였음



<그림 1> 미국 캘리포니아주 컨테이너 화물차 GPS 자료 활용 통행 행태 유형 구분

- 2) Freight traffic analytics from national truck GPS data in Thailand, Chankaew, N., et al. (2018).
 - 태국의 국가 화물차 GPS 자료를 바탕으로 기종점통행량을 구축하는 방법론을 구축함
 - GPS 빅데이터의 이상치 제거 방법론을 구축하고, 공간적 토지이용 정보를 활용 품목 별로 분류하고 시간대별로 정차시간과 상하차시간 통계분석을 수행함
 - 품목별로 표본 기종점통행량을 구축한 후 화물자동차 관측교통량 자료를 기반에 가중치를 적용하여 기종점통행량을 구축함



<그림 2> 태국 GPS기반 화물자동차 추정교통량과 관측교통량 비교 분포

3) Truck Activity Pattern Classification Using Anonymous Mobile Sensor Data, Akter, T. (2019).

- 토지이용 정보 결합 방법과 머신러닝 기법, 군집분석을 적용하여 산업별 화물차 운행 특성 분석을 수행함
- 토지이용정보와 운행행태 유형을 결합하여 랜덤포레스트 판별분석 방법론을 적용하여 산업별 화물차 운행행태 유형을 구분함

Feature Group	Features	Variable Type
Stop Duration	1. Number of stops less than 30 minutes	Discrete
	2. 30 minutes to 8 hours	
	3. More than 8 hours	
Trip Length	4. Number of trips less than 30 miles	Discrete
	5. 30 miles to 100 miles	
	6. More than 100 miles	
Trip Duration	7. Number of trips less than 1 hour	Discrete
	8. 1 hour to 4 hours	
	9. More than 4 hours	
Time of Day (TOD)	10. Proportion of daytime stops (6 AM to 6 PM) to all stops	Continuous
	11. Proportion of nighttime stops (12 AM to 6 AM and 6 PM to 12 AM) to all stops	
Daily Stop	12. Total number of stops in a day	Discrete

<그림 3> 미국 아칸소주 화물차 운행기록계 자료 활용 화물차 운행 특성 유형 구분

3. 화물차 운행기록계 자료를 활용 화물자동차 기종점통행량 구축방안

가. 연구의 개요

1) 연구의 배경 및 범위

① 연구의 배경

- 한국교통안전공단에서는 영업용화물차 운행기록계 (Digital Tachograph, 화물차 운행기록계)를 장착하여 주기적으로 화물차의 통행정보를 수집하고 있음
- 현재 수집된 화물차 운행기록계 데이터는 보관에 용이한 형태로 저장 되어 있어서, 이를 사용하기 위해서는 데이터의 별도 가공이 필요함
- 본 연구에서는 화물차 운행기록계 원시자료구조를 이해하고, 효율적으로 처리하는 방법론을 정립하여 가공된 결과물을 바탕으로 통계적 상세분석과 화물차의 통행특성을 분석함

② 연구의 범위

- 공간적 범위 : 전국
- 시간적 범위 : 2019년 10월 (주중, 주말, 요일별, 시간대별)

2) 연구의 내용

- 영업용 화물자동차 운행기록계 대용량 자료 전처리 과정 방법론 정립
- 영업용 화물자동차의 등록정보 및 통행정보 매칭
- 영업용 화물자동차 운행기록계 자료 활용 적재능력별 차량유형별 기종점통행량 분석
- 영업용 화물자동차 운행기록계 자료 활용 진출입 고속도로 TG 간 통행특성 분석
- 영업용 화물자동차 운행기록계 자료 활용 물류거점별 통행특성 분석
- 영업용 화물자동차 일주일 운행특성 분석 및 근로형태 분석

나. 자료구조 분석

- 2019년 10월 한달간의 화물차 운행기록계 자료는 특정 차량의 운행기록계(DTG) 장치에서 발생하는 로그 자료가 초 단위로 순차 TEST로 기록되어 있음
 - 초 단위 기록 데이터: 8.75 백억 줄
 - 고유한 자동차 등록 번호 개수: 132,979 대
 - 20개의 항목으로 구성됨

<표 1> 영업용화물자동차 운행기록계(DTG) 원시자료 구조

순번	칼럼 코드 ¹⁾	한글 이름 ²⁾	예시
1	trip_key	키	C-125901568017101206094700
2	dtg_model	운행기록장치 모델명	XDT1000
3	car_vin	차대번호	XXXXXX301795
4	car_type	자동차 유형	11
5	car_no	자동차 등록번호	-1259015680
6	trans_reg_no	운송사업자 등록번호	XXXXXX47349
7	driver_code	운전자 코드	0000001
8	tachmeter_day	일일 주행거리	0000
9	tachmeter	누적 주행거리	0268897
10	speed	차량 속도	000
11	rpm	10분당 엔진회전수	0393
12	break_on	브레이크 신호	0
13	x	차량위치 X	127075626
14	y	차량위치 Y	037052681
15	azimuth	GIS 방위각	000
16	vx	가속도 V _x	+001.0
17	vy	가속도 V _y	+001.0
18	status	통신상태코드	11
19	region_code	운행지역코드	41
20	company_region_code	운수회사소재지코드	44
21	company_code	운수회사코드	XX954
22	datetime	정보 발생 일시	17101206094700
23	load_code	화물구분코드	10
24	load_code2	화물상세코드	078
25	load_weight	적재중량(kg)	16500
26	base_district	사용본거지	충청북도 제천시

1) 칼럼 코드는 이번 프로젝트를 진행하면서 사용의 편의성을 위해 새롭게 만든 영문 코드 이름임

2) 한글 이름은 화물차 운행기록계 파일 묶음 중 partnameoffield.txt 파일에 있는 내용임

다. 전처리 과정 구축

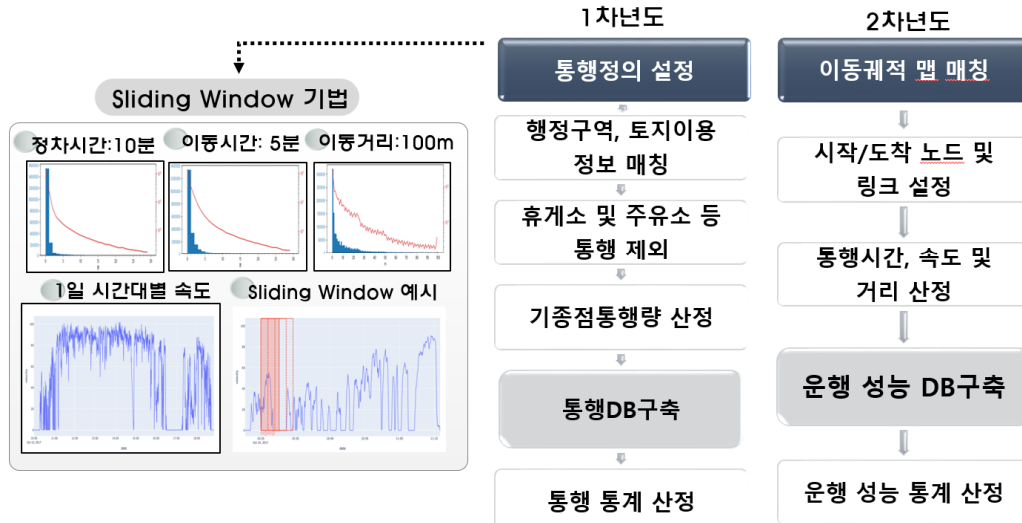
- 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료는 시간 순서대로 텍스트 파일 형태로 기록되어 있음
- 이를 처리하기 위해서는 순차적으로 데이터를 처리해야 하며 이는 비효율적임
- 월별 DTG tar 파일 하나는 압축된 형태이며, 그 크기는 1.1 테라바이트 (Terabyte)³⁾ 임
 - 기본적인 통계 분석을 하기 위해서는 하나의 파일 데이터 전체를 컴퓨터의 메모리에 넣을 수 있어야 하지만, 일반적으로 사용되는 컴퓨터 환경에서는 메모리 공간의 한계로 인하여 테라바이트가 넘는 양의 정보를 컴퓨터의 메모리에 넣을 수 없음

라. 분석 방법론 정립

1) 영업용화물자동차 운행기록 통행 분석방법론

- 슬라이딩 윈도우 기법 (Sliding Window Algorithm)은 규모가 큰 버퍼나 배열이 주어진 경우, 한정된 크기의 창(窓) 안에서 자료를 선택하여 작업할 필요가 있을 때 사용됨 (Jacobsen (2003), Aggarwal (2007) 참조)
- 우선 초 단위의 영업용화물자동차 운행기록자료를 통행으로 구분하기 이전에 이동 및 정차에 대한 기준이 필요하기 때문에 먼저 자료의 정차시간 및 이동거리, 이동시간 등의 분포를 확인하여 자료의 통행을 설정함
- 통행을 구분한 다음에는 통행 알고리즘을 구축하여 각 차량의 통행을 추출함
- 이후 휴게소 및 주유소 등의 중간 정차 시설물에 대한 통행들을 확인하고 통행이라고 볼 수 없는 이상치들을 확인하여 최종적으로 기종점통행량을 분석하도록 함

³⁾ 컴퓨터 데이터 자료량 단위. 1 테라바이트 = 1,024 기가바이트 = 1,048,576 메가바이트



<그림 4> 영업용화물자동차 운행기록자료를 활용한 기종점통행량 구축방안

2) 전년도 분석방법론의 한계점 및 해결방안

- 위의 알고리즘은 일반적인 운전자의 통행을 분리하기에는 적합하나, 특정 형태를 보이는 통행들의 경우 제대로 추출하기 힘들 수 있음
- 특히 최소 이동 시간 (10분) 미만으로 정차 한 후에 바로 이어서 운전을 시작하는 경우, 통행은 하나로 연결되게 됨
- 편의점 배송 차량이나 컨테이너 셔틀 차량의 경우 정차하는 시간이 5분 정도로 매우 짧은 경우가 발견됨
- 위의 문제점에 해당하는 통행을 찾기 위해 다음의 알고리즘을 사용함
 - 슬라이딩 윈도우 기법으로 추출된 모든 통행에 대해서 각 통행의 출발지와 도착지 사이의 직선거리($D_{eucl.}$)를 측정한다.
 - 통행의 이동 거리($D_{통행}$)를 계산한다.
 - 두 값을 비교하여 다음의 조건식이 만족할 경우 여러 통행이 하나로 합쳐진 이상치로 판단한다.

$$\text{if } D_{통행} > 10 \text{ km and } D_{eucl.} \times 2 < D_{통행}$$

마. 중간 정차 통행 통합분석

- 중간정차란 휴식, 주유 등의 이유로 잠시 정차하는 상황을 말함
- 이때, 위의 슬라이딩 윈도우 기법만으로는 추출된 통행에서 운전자의 정차가 통행의 끝인지 아니면 중간정차인지 판단할 수가 없음
- 화물차 운행기록계의 통행 추출 방법은 자동차의 움직임과 정지 상황을 정확하게 판단하여 통행을 추출할 수 있지만, 운전자의 휴식이나 주유 등의 이유로 정차하는 상황은 고려할 수 없음
- 따라서 중간 정차가 자주 일어나는 지점의 좌표를 미리 알고 이 좌표에서 통행의 도착과 다음 통행의 출발이 발생할 경우, 중간 정차로 판단을 하고 두 개의 통행을 하나의 통행으로 줄이는 작업을 수행함

바. 화물자동차 통행정보를 활용한 맵 매칭

- 맵 매칭에서의 은닉 마르코프 모델은 동시에 여러 경로를 가정하여 각 경로가 얼마나 실제 매핑과 유사한지 평가하기 위해 활발히 사용되어 왔고, 이러한 접근 방식이 이상 데이터의 영향을 적게 받으며 측정 데이터의 시간적 밀도가 낮은 경우에도 잘 대처할 수 있음이 알려짐⁴⁾
- 신뢰성 높은 표준 노드 및 표준 링크 자료를 이용하여 맵 매칭을 수행함으로써 맵 매칭 결과의 신뢰성 또한 높일 수 있음
- 맵 매칭은 표준 노드 링크 자료에 대입하여 매칭을 진행하게 되며 자료상의 도로 종류를 추출할 수 있음

⁴⁾ C. Y. Goh, J. Dauwels, N. Mitrovic, M. T. Asif, A. Oran and P. Jaillet, "Online map-matching based on Hidden Markov model for real-time traffic sensing applications," 2012 15th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Anchorage, AK, 2012, pp. 776-781, doi: 10.1109/ITSC.2012.6338627.

<표 2> 맵 매칭 부가기능: 사용 도로 이름 출력 예시

통행 궤적 예시	순번	도로 이름	도로 종류	이동 거리 (km)
	1	평남로	시, 군도	1.2
	2	서동대로	일반국도 (38번)	6.1
	3	오성IC	연결	·
	4	평택화성고속도로	고속도로 (17번)	175.7
	5	서오산JC서측	연결	·
	6	수도권제2순환고속도로	고속도로 (400번)	5.8
	7	수원광명고속도로	고속도로 (17번)	4.5
	8	과천의왕간고속도로	지방도	198.0
	9	과천대로	지방도	2.9
	10	우면산로	지방도	2.8
	11	양재대로	일반국도 (47번)	2.1
	12	양재육교	연결	·
	13	경부고속도로	고속도로 (1번)	6.5
	14	한남IC	연결	·
	15	강남대로	특별, 광역시도	0.9
	16	한남대교북측	연결	·

사. 화물차 운행기록계 자료의 유형별 이상치 분석 및 처리방안

- 화물차 운행기록계 수집장치가 원시 GPS 데이터 값을 자체적으로 가공하는 과정이 존재하여 이 가공 과정에서 일정한 노이즈가 발생하는 것으로 생각되며, 가공 알고리즘의 오류가 아래와 같은 패턴을 만들어 내는 것으로 추측됨
- 운전자가 시동을 갑자기 끄는 경우, 시동을 끄기 전 상당한 시간의 운행 기록이 화물차 운행기록계 장비에 기록되지 않는 오류가 일부 발견됨

아. 화물 기종점통행량 분석

1) 1일특성 분석

- 2019년 10월 23일(수) 기준으로 23,653대 영업용 화물차의 110,067통행 자료를 추출하였으며, 중간정차(주유소, 휴게소 등) 통행을 연결하고 읍면동 내부통행을 제외한 통행 중에서 89,585통행에 대한 분석을 수행함
- 최종분석에서는 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료(이하 DTG자료)의 좌표가 읍면동 GIS에 매칭이 되지 않는 통행은 제외함(향후에 제주도 내륙간 통행은 제외 예정)

<표 3> 영업용화물자동차 운행거리 기록계의 통행 추출 결과

구분	분석결과
이상치 제거 전(통행/일)	110,067
읍면동 출발(통행/일)	1,589
읍면동 도착(통행/일)	1,004
같은 읍면동 통행(통행/일)	17,889
전체 통행 최종(통행/일)	89,585
전체 대수 최종(대/일)	23,653

- 영업용 화물차 발생량 및 도착량은 경기도가 35.0%, 35.3%로 가장 많은 비중을 차지하는 것으로 나타남
- 경기도 다음으로 충청남도(발생 9.0%, 도착 8.9%), 경상북도(발생 6.1%, 도착 5.9%) 순으로 나타남

<표 4> 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 통행 발생량 및 도착량

단위: 통행/일, %

전체	발생량	도착량	발생비	도착비	도착/발생비
서울특별시	5,000	5,041	5.6	5.6	1.01
부산광역시	2,609	2,660	2.9	3.0	1.02
대구광역시	1,851	1,883	2.1	2.1	1.02
인천광역시	5,189	5,225	5.8	5.8	1.01
광주광역시	2,992	2,993	3.3	3.3	1.00
대전광역시	1,711	1,759	1.9	2.0	1.03
울산광역시	2,446	2,485	2.7	2.8	1.02
경기도	31,379	31,596	35.0	35.3	1.01
강원도	2,584	2,555	2.9	2.9	0.99
충청북도	5,372	5,243	6.0	5.9	0.98
충청남도	8,089	7,957	9.0	8.9	0.98
전라북도	4,762	4,704	5.3	5.3	0.99
전라남도	3,666	3,680	4.1	4.1	1.00
경상북도	5,448	5,313	6.1	5.9	0.98
경상남도	5,332	5,312	6.0	5.9	1.00
제주특별자치도	389	393	0.4	0.4	1.01
세종특별자치시	766	786	0.9	0.9	1.03
전국	89,585	89,585	100.0	100.0	1.00

○ 시도 기준 전체 89,585통행 중에서 내부통행은 55,887통행으로 62.4%로 나타남

<표 5> 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 시도 내부통행 비율

단위: 통행/일, %

구분	발생량	내부통행	내부/발생비
서울특별시	5,000	2,458	49.2
부산광역시	2,609	1,368	52.4
대구광역시	1,851	968	52.3
인천광역시	5,189	2,739	52.8
광주광역시	2,992	2,111	70.6
대전광역시	1,711	791	46.2
울산광역시	2,446	1,555	63.6
경기도	31,379	22,942	73.1
강원도	2,584	1,686	65.2
충청북도	5,372	2,438	45.4
충청남도	8,089	4,396	54.3
전라북도	4,762	3,048	64.0
전라남도	3,666	2,353	64.2
경상북도	5,448	3,216	59.0
경상남도	5,332	3,285	61.6
제주특별자치도	389	380	97.7
세종특별자치시	766	153	20.0
전국	89,585	55,887	62.4

- 1차년도와 다르게 2차년도에서는 화물차 운행기록계 자료에서 화물자동차의 톤급별 구분이 가능함

<표 6> 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 전체 표본 O/D

단위: 통행/일

구분	서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주	세종	합계
서울	2,458	4	3	255	2	9	0	2,123	20	53	48	8	1	8	2	0	6	5,000
부산	2	1,368	49	5	4	11	152	36	11	28	7	19	20	94	802	0	1	2,609
대구	1	41	968	4	9	8	30	44	7	27	18	16	5	528	143	0	2	1,851
인천	232	4	9	2,739	6	18	8	1,847	36	68	139	30	9	29	9	0	6	5,189
광주	2	4	12	8	2,111	12	3	52	3	7	38	162	531	12	26	0	9	2,992
대전	7	12	7	12	11	791	8	150	15	242	227	69	5	31	17	1	106	1,711
울산	0	137	26	5	3	6	1,555	48	5	25	33	8	22	375	198	0	0	2,446
경기	2,140	43	44	1,846	44	176	36	22,942	524	1,119	1,745	228	63	215	90	3	121	31,379
강원	29	8	10	43	4	7	4	536	1,686	155	37	13	6	35	9	0	2	2,584
충북	67	13	34	92	18	228	35	1,230	130	2,438	449	121	41	247	67	0	162	5,372
충남	64	17	20	123	54	244	52	1,816	47	441	4,396	398	71	117	54	1	174	8,089
전북	12	23	28	31	162	61	11	267	20	126	407	3,048	362	55	132	0	17	4,762
전남	4	34	11	9	511	20	24	74	3	23	62	364	2,353	39	123	8	4	3,666
경북	12	135	510	35	8	44	359	258	37	267	111	50	39	3,216	352	0	15	5,448
경남	8	814	150	15	39	17	208	91	6	58	44	146	143	300	3,285	0	8	5,332
제주	0	0	0	0	1	0	0	4	0	0	1	0	3	0	0	380	0	389
세종	3	3	2	3	6	107	0	78	5	166	195	24	6	12	3	0	153	766
합계	5,041	2,660	1,883	5,225	2,993	1,759	2,485	31,596	2,555	5,243	7,957	4,704	3,680	5,313	5,312	393	786	89,585

- 영업용 화물차는 일평균 약 3.6시간/일, 179.6km/일을 운행하는 것으로 나타났다

<표 7> 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 지역별 톤급별 일평균 통행시간

단위: 시간/일

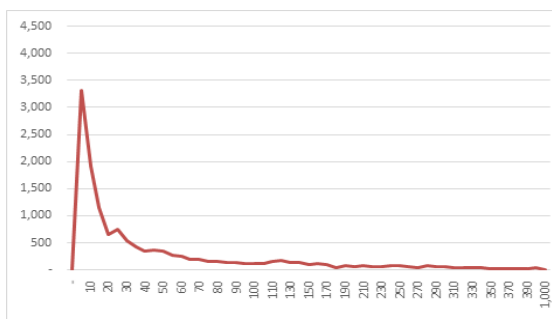
구분	소형	중형	대형	전체
서울특별시	3.5	3.5	3.5	3.5
부산광역시	3.0	3.6	3.9	3.6
대구광역시	2.8	3.7	3.7	3.4
인천광역시	3.2	3.5	3.8	3.6
광주광역시	2.6	3.0	4.3	3.3
대전광역시	3.8	3.9	4.1	4.0
울산광역시	2.5	3.2	3.3	3.2
경기도	3.4	3.6	3.8	3.6
강원도	4.0	4.0	4.3	4.1
충청북도	3.5	4.1	4.1	4.0
충청남도	3.5	3.8	3.8	3.8
전라북도	3.4	4.3	4.3	4.2
전라남도	2.8	3.6	3.5	3.4
경상북도	3.1	3.8	3.6	3.6
경상남도	3.3	3.7	3.7	3.6
제주특별자치도	2.8	2.3	2.7	2.6
세종특별자치시	2.6	4.2	3.8	3.6
전체	3.3	3.7	3.8	3.6

4. 화물차 운행기록계 자료를 활용 화물자동차 기종점통행량 및 운행특성 분석

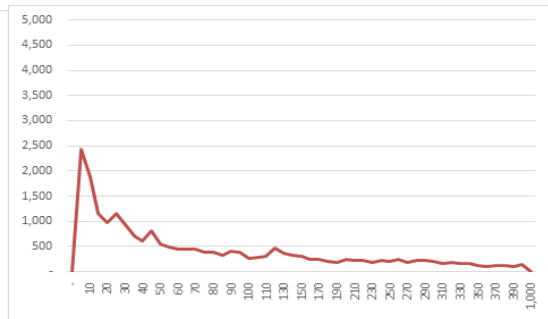
가. 화물자동차 운행특성 분석

1) 화물자동차 톤급별 통행거리 분포 결과

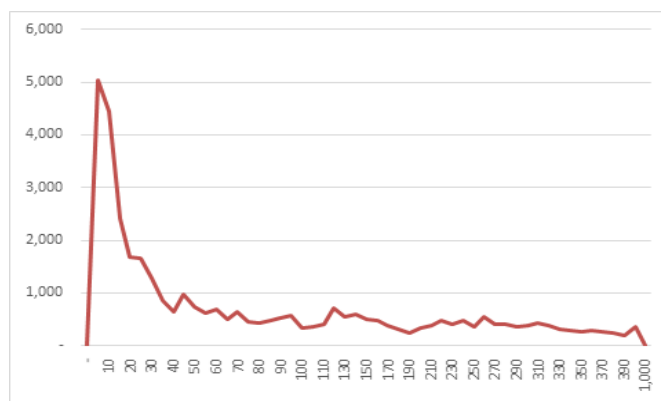
- 기존에는 2017년 수행된 전국화물자동차통행실태조사 자료에서 톤급별 화물자동차의 통행거리결과를 활용하여 화물OD 구축을 하였음
- 이번 화물차 운행기록계 자료를 활용하여 동일한 급간으로 통행거리 분포를 확인하여 기존의 조사자료와 유사한지 비교하고자 하였으며 톤급별 통행거리 비율은 유사하게 분포되어 있는 것으로 분석됨



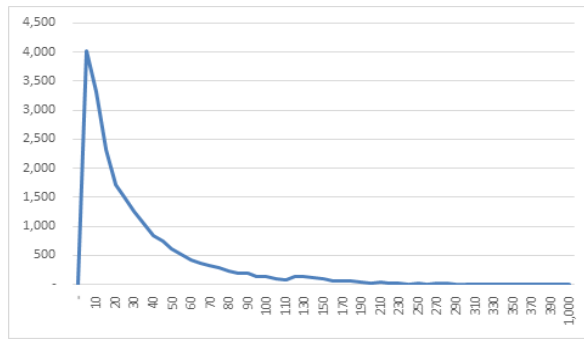
<그림 5> 소형 통행거리 급간별 빈도수 분포(2017년 조사자료)



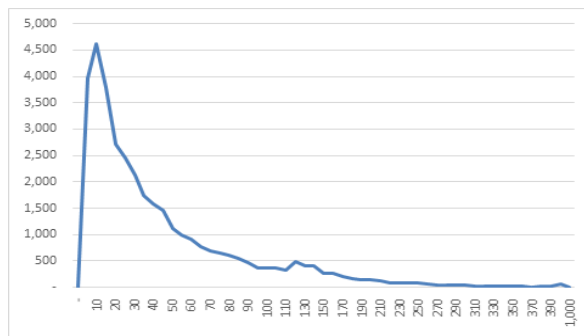
<그림 6> 중형 통행거리 급간별 빈도수 분포(2017년 조사자료)



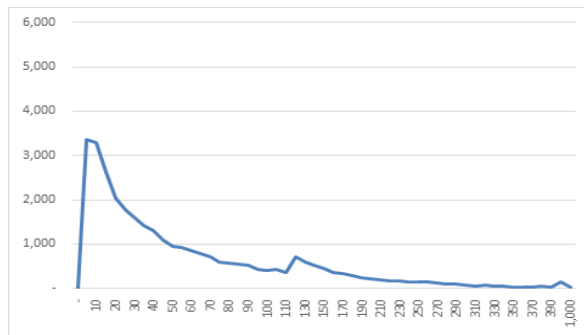
<그림 7> 대형 통행거리 급간별 빈도수 분포(2017년 조사자료)



<그림 8> 소형 통행거리 급간별 빈도수 분포(2019년 화물차 운행기록계자료)



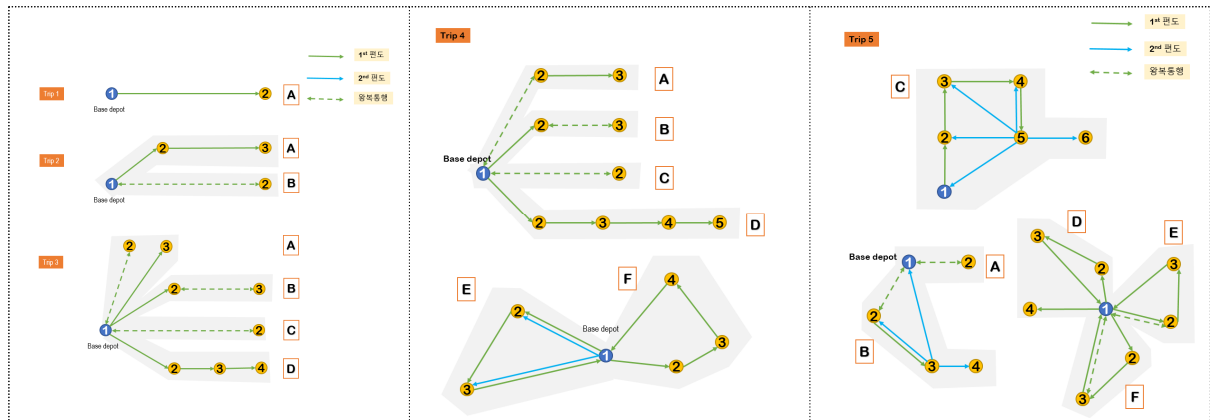
<그림 9> 중형 통행거리 급간별 빈도수 분포(2019년 화물차 운행기록계자료)



<그림 10> 대형 통행거리 급간별 빈도수 분포(2019년 화물차 운행기록계자료)

2) 화물자동차 통행행태 유형 분석 (Trip Chain)

- 2019년 10월 23일 수요일 자료를 기준으로 차량별 트립체인 유형을 구분하고 통행수에 따라 분석한 결과는 아래와 같음
- 트립체인 분석은 자료의 특성상 차량의 궤적정보가 아닌 읍면동을 기준으로 세분화하여 통행을 구분하였음



<그림 11> 통행별 트립체인 유형

- 통행이 높은 1통행~3통행을 기준으로 트립체인유형이 다음과 같이 나타났음
- 3통행 기준인 경우 편도통행으로 도착지 3곳을 통행한 A-B-C-D 경우가 43%로 가장 높았으며, 다른 2곳을 통행한 후 최초 출발지로 돌아오는 A-B-C-A 유형이 10%임

<표 8> 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 1일기준 트립체인 유형(1~3통행 기준)

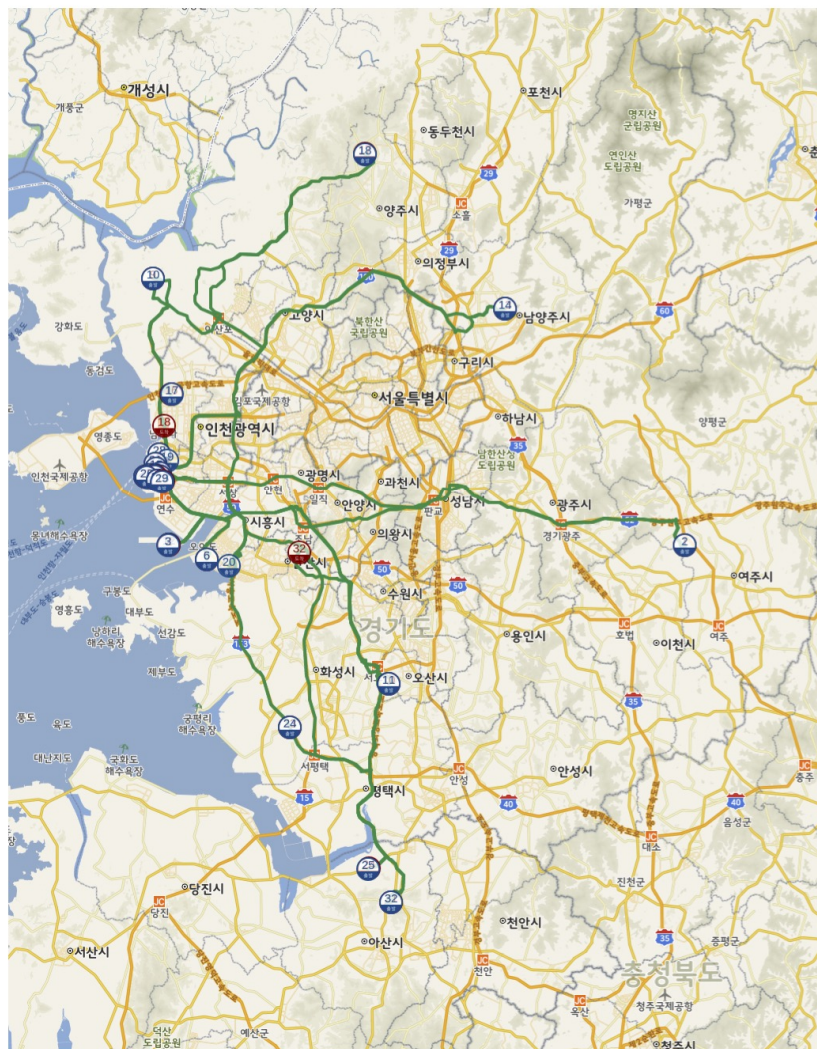
트립체인 유형		통행대수(대)	유형별 통행분포비(%)
1통행	AA	731	0.20
	AB	2,875	0.80
2통행	AAA	273	0.07
	AAB	355	0.09
	ABA	667	0.16
	ABB	442	0.11
	ABC	2,380	0.58
	ABCA	146	0.04
3통행	AAAA	146	0.04
	AAAB	85	0.02
	AABA	97	0.02
	AABB	39	0.01
	AABC	204	0.05
	ABAA	162	0.04
	ABAB	72	0.02
	ABAC	243	0.06
	ABBA	102	0.03
	ABBB	88	0.02
	ABBC	239	0.06
	ABCA	406	0.10
	ABCB	228	0.06
	ABCC	207	0.05
	ABCD	1,718	0.43

3) 화물자동차의 통행경로 분석

- 화물차 운행기록계 자료의 통행은 데이터량이 상당하기 때문에 알고리즘 분석과 통계 분석만으로는 자료의 이상 유무나 상세한 통행 분석이 어려움
- 통행의 궤적과 각종 분석된 정보들을 한 눈에 보고 비교할 수 있는 리포트 형태의 자료를 만들 필요가 있으므로, 추출된 통행을 이해하기 쉽게 문서 파일 형태로 만드는 자체 개발한 모듈을 활용함

자동차 등록번호	차량 유형	화물 유형1	화물 유형2	종급	등록지
bc36c4d50682455ffac8876736e8d33d8b22c3...	31	21	57	25000	충청남도 홍성군

전체 통행 궤적



<그림 12> 통행분석 전체경로 리포트 1

4) 화물자동차 운전자의 근로여건 분석

- 최근 주요 이슈가 되고 있는 화물자동차 운전자의 다양한 근로여건을 분석하고자 1주일치 화물차 운행기록계 자료를 활용하여 분석함
- 분석자료는 2019년 10월 21일(월)~27일(일)의 자료를 활용하였음
- 화물차 운행기록계 자료를 통해 운전자의 근로행태 분석결과 주말보다는 주중이, 소형보다는 중대형 차량의 통행수와 통행시간, 통행거리가 높은 것으로 나타났음

<표 9> 톤급별 화물운전자의 통행수

단위: 통행/일

구분	차량수(대)	통행수		
		전체	주중	주말
소형	6,639	5.12	4.02	1.10
중형	11,526	5.11	4.03	1.07
대형	12,634	5.03	4.00	1.03
전체	30,799	5.08	4.02	1.06

<표 10> 요일별 톤급별 화물운전자의 통행시간

단위: 시간/일

구분		소형	중형	대형	전체
21일(월)	주중	3.6	4.1	4.7	4.3
22일(화)		4.0	4.6	5.3	4.8
23일(수)		4.0	4.5	5.3	4.7
24일(목)		3.9	4.5	5.2	4.7
25일(금)		3.6	3.8	4.5	4.1
26일(토)	주말	3.1	3.1	3.6	3.3
27일(일)		1.1	1.2	1.4	1.3
전체		3.5	3.9	4.6	4.1

<표 11> 요일별 톤급별 화물운전자의 통행거리

단위: km/일

구분		소형	중형	대형	전체
21일(월)	주중	119.5	159.2	189.5	163.0
22일(화)		133.9	181.7	215.1	185.2
23일(수)		129.3	179.7	216.2	183.8
24일(목)		127.3	176.7	209.8	179.6
25일(금)		115.9	149.8	180.2	154.8
26일(토)	주말	101.4	126.6	151.9	131.3
27일(일)		39.9	52.5	62.2	53.4
전체		115.5	155.3	186.0	159.1

<표 12> 차량유형별 톤급별 화물운전자의 통행시간 및 통행거리

단위: 시간/일, km/일

구분	통행시간				통행거리			
	소형	중형	대형	전체	소형	중형	대형	전체
미구분	3.2	3.8	4.3	3.8	101.0	151.4	171.5	145.9
전문수송용자동차	0	0	8.6	8.6	0	0	363.9	363.9
사다리차,구급차및소방차	0.4	0	0	0.4	3.5	0	0	3.5
일반수송용자동차	2.3	4.1	4.3	4.0	65.3	161.2	164.0	155.1
트레일러	0	0	3.9	3.9	0	0	114.3	114.3
밴형자동차	4.8	4.5	6.9	5.2	175.2	162.8	302.7	201.3
탱크로리	0	7.6	5.0	5.3	0	168.0	172.4	171.9
크레인자동차	0	1.9	5.1	4.9	0	18.4	221.5	212.9
트랙터	0	6.4	4.8	4.8	0	124.9	191.1	191.0
그밖의자동차	1.0	0	4.4	4.4	17.3	0	189.3	186.9
일반형화물자동차	3.4	4.0	4.6	4.1	108.7	160.9	191.5	162.5
덤프형화물자동차	0.6	2.9	7.0	4.8	17.4	52.6	210.6	125.9
밴형화물자동차	3.5	4.0	5.6	4.0	109.6	170.9	204.8	151.5
특수용도형화물자동차	3.8	3.9	4.6	4.2	126.3	154.3	189.4	159.9
건인형특수자동차	0	5.8	4.8	4.8	0	233.7	186.6	186.8
특수작업형특수자동차	1.7	1.9	2.3	2.0	46.3	46.9	84.1	63.9
전체평균	3.5	3.9	4.6	4.1	115.5	155.3	186.0	159.1

나. 고속도로 이용 특성분석

1) 화물차 운행기록계자료를 활용한 고속도로 이용차량 운행분석

- 화물차 운행기록계 원시자료의 궤적 정보에서 진출입하는 고속도로를 추출하기 위해 가장 직관적인 방법은 어느 고속도로 요금소를 통과하는지 검출하는 것임
- 하지만 고속도로 요금소의 위치를 정확히 제공하기 있는 외부 서비스가 없고, 특히 도로공단에서 제공하는 요금소 위치는 고속도로 영업소의 위치임
- 궤적을 가지고 특정 도로에 진입하는지 또는 진출하는지를 알기 위해서는 요금소의 폴리곤을 다중으로 만들어서 시간차에 따른 궤적이 어느 방향으로 폴리곤에 걸쳐있는지 판별할 수 있어야함
- 본 연구에서 고속도로의 진입과 진출을 판별하기 위해 폴리곤을 두 개 이상으로 나누고, 고속도로의 입구에 해당하는 부분부터 출구에 해당하는 부분을 순차적으로 폴리곤을 생성함



<그림 13> 서울요금소 예시 (빨간색 빛금 다각형 부분)

2) 화물차 운행기록계자료를 활용한 고속도로 이용차량의 진출입 TG 통행분석

- 전체 차량 23,653대/일 중 고속도로를 이용한 차량은 17,799대/일로 전체 75.3%에 해당함
- 고속도로를 이용한 차량 중 대형이 7,731대/일 43.4%로 가장 많은 비중을 차지함
- 고속도로 이용 비율이 높은 지역은 경상남도가 83.3%로 가장 높았으며 그다음으로 부산, 인천, 경북 순으로 나타남

<표 13> 전체차량 중 고속도로를 이용한 지역별 톤급별 차량수

단위: 대/일, %

구분	고속도로이용차량				전체차량	고속도로 이용 비율
	소형	중형	대형	합계		
서울특별시	328	321	111	760	1,064	71.4
부산광역시	121	160	255	536	674	79.5
대구광역시	121	160	132	413	529	78.1
인천광역시	215	377	543	1,135	1,430	79.4
광주광역시	107	214	176	497	686	72.4
대전광역시	75	93	173	341	439	77.7
울산광역시	25	85	274	384	652	58.9
경기도	1,287	2,714	2,161	6,162	8,123	75.9
강원도	137	187	247	571	751	76.0
충청북도	127	466	540	1,133	1,443	78.5
충청남도	150	527	784	1,461	2,097	69.7
전라북도	86	375	568	1,029	1,349	76.3
전라남도	102	219	402	723	1,022	70.7
경상북도	128	411	719	1,258	1,587	79.3
경상남도	214	445	586	1,245	1,495	83.3
제주특별자치도	2	15	2	19	116	16.4
세종특별자치시	22	52	58	132	196	67.3
전체	3,247	6,821	7,731	17,799	23,653	75.3

- 고속도로를 이용하는 화물자동차의 평균 이용횟수는 아래와 같음
- 전체 평균 2.5통행/일 고속도로를 이용하는 것으로 나타났으며 소형보다는 중대형 차량의 이용횟수가 높은 것으로 나타남

<표 14> 고속도로 이용차량의 지역별 톤급별 평균 이용횟수

단위: 통행/일

구분	소형	중형	대형	전체
서울특별시	2.5	2.4	2.5	2.5
부산광역시	2.4	2.6	2.4	2.5
대구광역시	2.2	2.4	2.3	2.3
인천광역시	2.7	2.7	2.6	2.7
광주광역시	2.8	2.4	2.5	2.5
대전광역시	2.6	2.8	2.6	2.7
울산광역시	2.2	2.2	2.3	2.3
경기도	2.5	2.6	2.6	2.6
강원도	2.1	2.6	2.6	2.5
충청북도	2.4	2.7	2.6	2.6
충청남도	2.4	2.4	2.4	2.4
전라북도	2.2	2.5	2.3	2.3
전라남도	2.0	2.5	2.4	2.3
경상북도	2.1	2.4	2.3	2.3
경상남도	2.4	2.5	2.4	2.4
제주특별자치도	2.0	1.7	1.0	1.7
세종특별자치시	2.1	2.6	2.1	2.3
전체	2.4	2.5	2.5	2.5

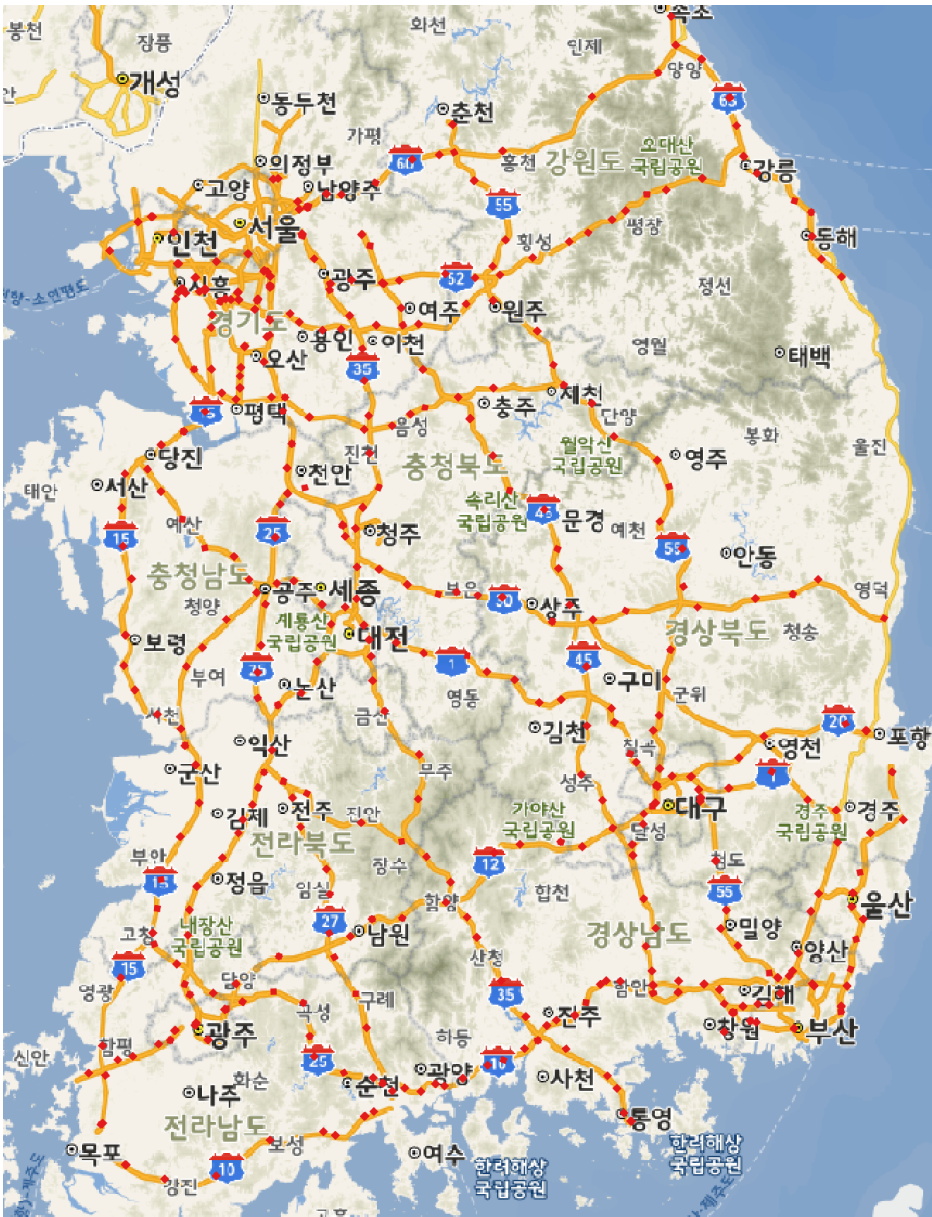
○ 시도별 고속도로 TG 진입기준 화물차량의 분포는 아래와 같음

<표 15> 시도별 톤급별 고속도로 TG 진출입 통행량

단위: 대/일

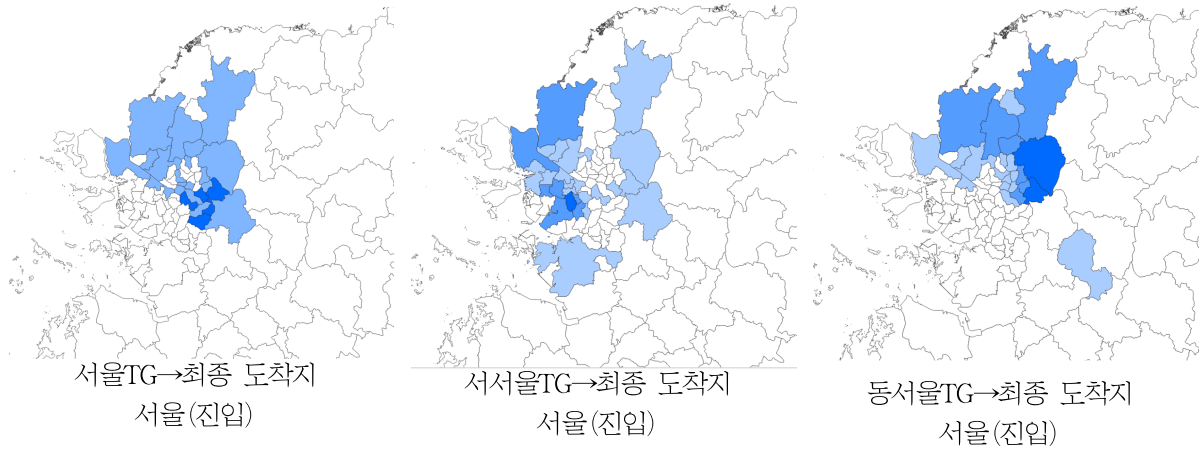
구분	진입기준				진출기준			
	소형	중형	대형	전체	소형	중형	대형	전체
서울특별시	699	759	536	1,994	854	925	612	2,391
부산광역시	448	547	855	1,850	465	559	924	1,948
대구광역시	445	723	594	1,762	502	723	579	1,804
인천광역시	307	914	1,216	2,437	278	874	1,161	2,313
광주광역시	189	371	419	979	144	372	433	949
대전광역시	261	423	627	1,311	282	417	608	1,307
울산광역시	170	284	739	1,193	192	294	814	1,300
경기도	4,768	10,516	7,859	23,143	4,606	10,520	8,016	23,142
강원도	572	780	1,050	2,402	561	784	1,035	2,380
충청북도	532	1,894	2,024	4,450	546	1,798	1,973	4,317
충청남도	633	2,010	2,829	5,472	677	1,983	2,706	5,366
전라북도	268	1,249	1,576	3,093	267	1,211	1,524	3,002
전라남도	247	658	1,330	2,235	265	673	1,336	2,274
경상북도	678	1,185	1,626	3,489	629	1,176	1,569	3,374
경상남도	1,114	1,778	1,879	4,771	1,074	1,796	1,852	4,722
세종특별자치시	122	202	236	560	111	189	251	551
전체	11,453	24,295	25,395	61,143	11,453	24,295	25,395	61,143

- 고속도로를 이용하는 차량의 최초출발지와 최종목적지의 지역별 분포를 확인
- 서울(동서울, 서서울, 서울) TG의 경우 수도권의 다양한 지역에서 진출입통행을 하는 것으로 나타남
- 동서울 TG는 경기 하남, 경기 남양주, 경기 양주 등에서 진출입이 이루어지고, 서서울 TG는 경기 광명, 부천, 시흥 등이, 서울 TG는 서울 송파, 서초 등이 주요 진출입 차량이 발생하는 것으로 분석됨

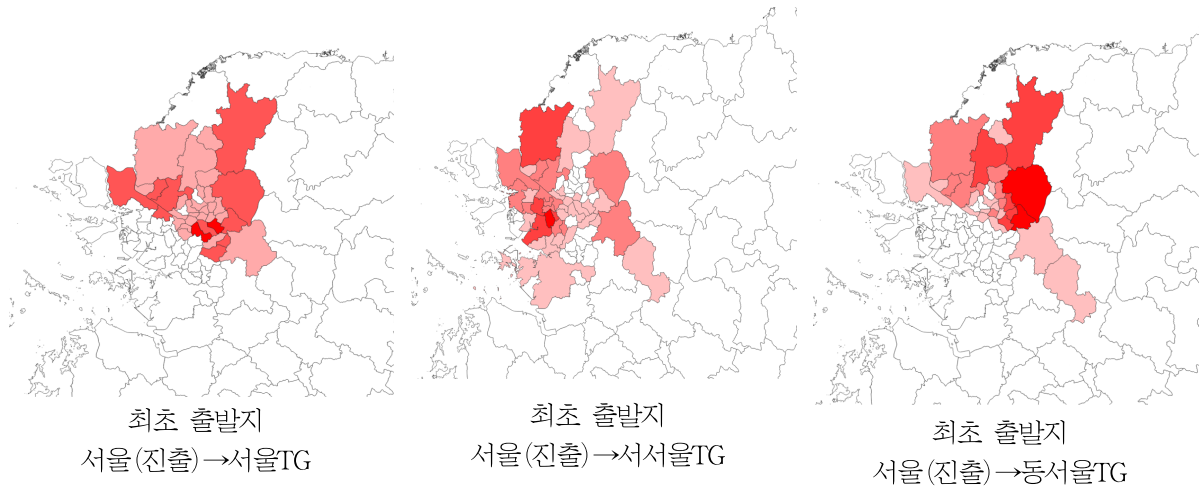


<그림 14> 전체 고속도로 요금소 지점(빨간 점)

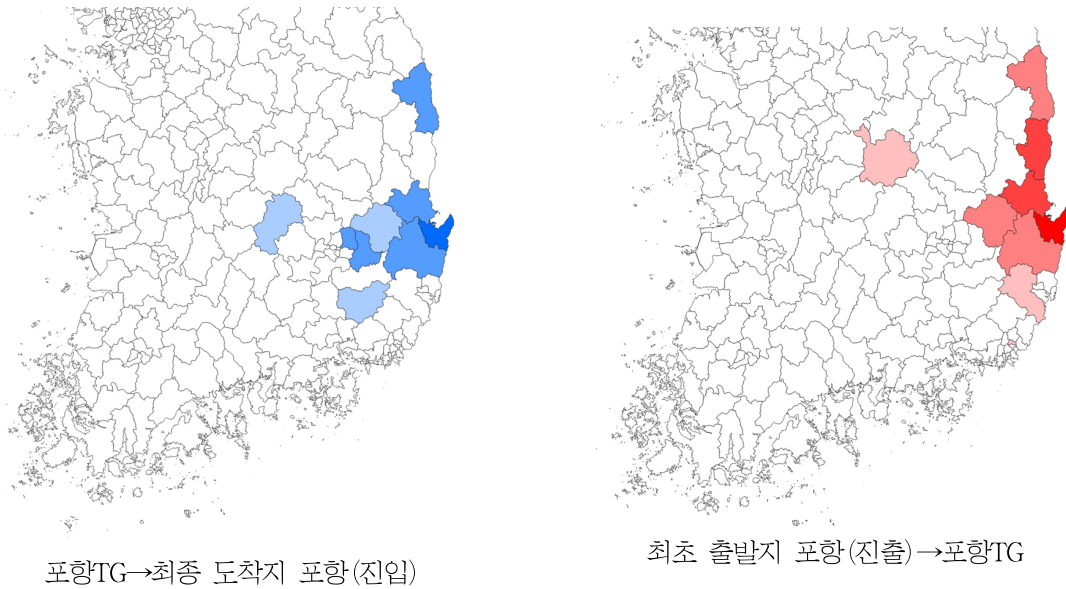
① 서울 진입 차량분포



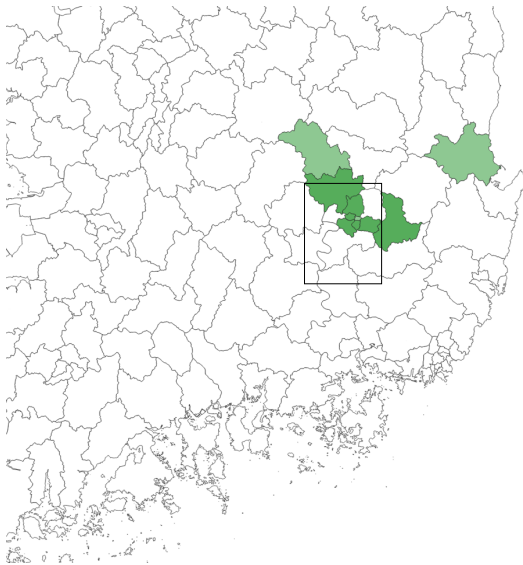
② 서울 진출 차량분포



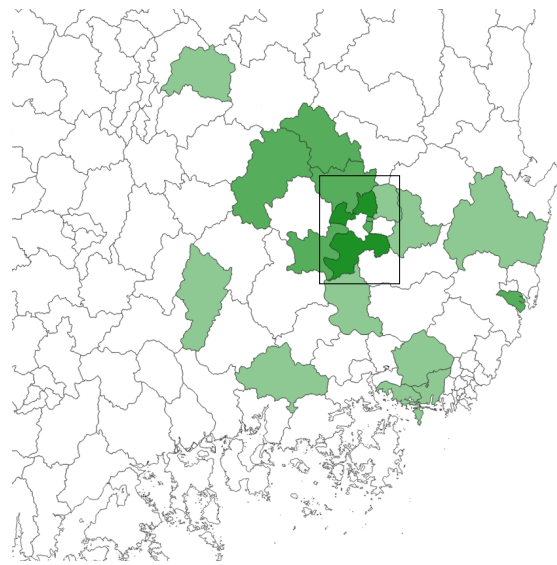
③ 포항 진입/진출 차량분포



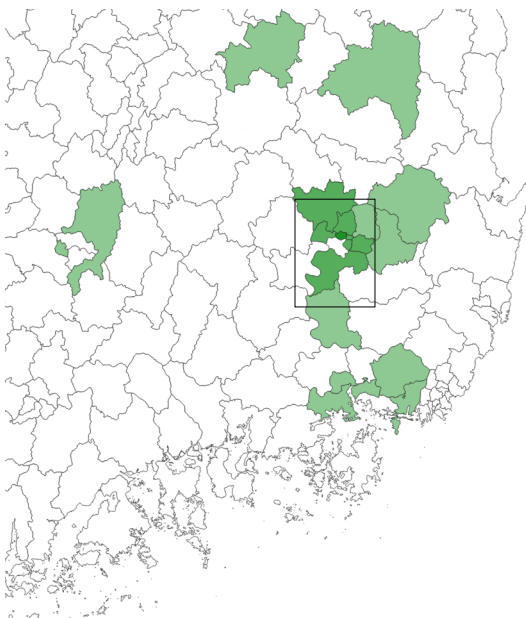
<그림 15> 고속도로 TG기준 화물자동차 진출입 분포(서울, 포항)



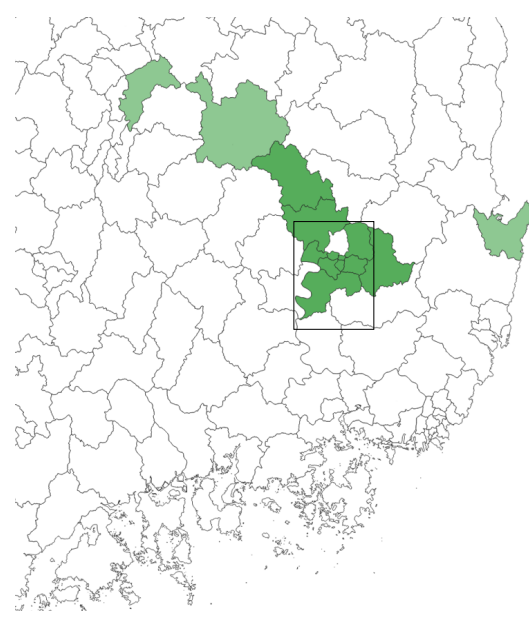
동대구TG→최종 도착지 포항(진입)



서대구TG→최종 도착지 포항(진입)



남대구TG→최종 도착지 포항(진입)



북대구TG→최종 도착지 포항(진입)

<그림 16> 고속도로 TG기준 화물자동차 진출입 분포(대구광역시)

다. 물류거점 통행량 분석

- 화물자동차가 통행하는 주요 물류거점을 대상으로 반경(m)을 설정하여 화물차 운행 기록계 통행정보를 추출하였음
- 전체 물류거점 중 유형별로 상위 5개에 대한 거점반경을 기준으로 한 결과 항만배후 단지가 1,925m로 가장 컸으며, 그 다음으로 무역항이 1,075m로 컸음
- 물류거점대비 통행량이 높은 물류거점은 내륙물류기지(IFT)가 높았으며, 그다음으로 항만배후단지, 물류단지, 산업단지 순으로 분석되었음

<표 16> 물류거점 유형별 통행량 및 거점반경

	총차량대수(대/일)	평균차량수	거점수	물류거점 반경(m)
공항	147	11.3	13	665
공항물류단지	81	40.5	2	640
내륙물류기지(ICD)	72	36.0	2	1,000
내륙물류기지(IFT)	420	105.0	4	605
농수산물시장	461	11.0	42	245
무역항	613	24.5	25	1,075
물류단지	891	52.4	17	300
산업단지	56,540	50.2	1,127	455
연안항	44	3.1	14	225
일반물류터미널	580	18.7	31	188
창고업	522	3.7	143	100
철도역	65	3.4	19	125
항만배후단지	246	61.5	4	1,925
합계	60,682	32.4	1,443	

- 주요 IFT, ICD 물류단지와 근접한 고속도로 요금소의 진출입 차량 분석결과, 물류거점 유형으로는 IFT를 통행하는 차량이 높고 적재능력별로는 대형차량의 진출입 통행이 높게 분석되었음

<표 17> 주요 물류거점별 고속도로 TG 진출입차량 분석결과

물류거점	영업소명	시도	시군구	총합	소형	중형	대형
군포IFT	동군포	경기	군포시	2,131	417	747	968
칠곡IFT	칠곡물류	경북	칠곡군	364	71	128	165
중부IFT	남청주	충북	청주시 서원구	681	133	239	309
양산IFT	물금	경남	양산시	389	76	136	177
의왕ICD	부곡	경기	의왕시	205	40	72	93
의왕ICD	의왕	경기	의왕시	581	114	204	264
장성물류	장성물류	전남	장성군	101	20	35	46

5. 결론

1) 결론

- 본 연구는 우선 빅데이터 활용 화물 기종점통행량 구축 체계 전환 방안을 수립하기 위해 화물통행실태조사와 빅데이터의 역할 및 상호대체·보완 방안 관련 문헌을 고찰함
 - Kinjarapu (2018) 연구에서는 캐나다 캘거리 지역의 화물자동차 GPS자료를 활용하여 화물차 통행 및 정차 기준 모형, 도착지 선택모형을 구축함
 - Chankaew (2018) 연구에서는 태국의 국가 화물차 GPS 자료를 바탕으로 기종점통행량을 구축하는 방법론을 구축함
- 영업용 화물자동차운행기록 자료를 이용한 영업용 화물자동차 기종점통행량 구축 방안 연구를 수행하였음
 - 영업용 화물자동차 운행기록계 전처리 과정, 자료 분석 및 통행정의 기준 설정, 기종점통행량 구축 방법론을 정립함
 - 전체적인 화물차 운행기록계 자료의 특성을 파악하기 위해 원시자료의 주요 항목에 대한 통계적 분석을 진행함
- 영업용 화물자동차 운행기록계 자료 기종점통행량 분석, 운행특성 분석, 운행특성 시각화 분석 및 기타 분석을 수행함
- 전체 화물차 운행기록계 자료에서 고속도로 TG의 진입, 진출 정보가 모두 존재하는 차량을 대상으로 분석하였음

2) 향후 연구과제

- 빅데이터를 활용한 국내외 연구가 지속적으로 이루어지고 있으므로 매년 관련 연구들에 대한 고찰도 지속적으로 이루어져야 함
- 빅데이터를 활용하여 물동량 기종점통행량 구축을 위해서는 품목별 통행분포 특성을 반영하는 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것임
- 올해 연구에서는 교통안전공단에서 차량개인정보와 매칭된 화물차 운행기록계 궤적자료를 제공받아 적재능력별 차량구분이 가능하였으며 차량운행특성 또한 상세분석이 가능함
 - 앞으로 지속적으로 화물자동차 등록시스템 자료와 연계하여 차종구분의 세분성을 높이는

방안을 강구하여야 할 것임

- 영업용 화물자동차 주행기록계 자료 표본이 지속적으로 증가하므로 대용량 자료 처리를 위한 방법론 개발이 지속적으로 이루어져야 할 것임
- 영업용 화물자동차 운행기록계 자료 이동 궤적 맵 매칭과정과 영업용 화물자동차 운행기록계 자료 분석 시스템을 구축하여 통행DB와 운행성능 DB를 구축한 과정도 지속적으로 이루어져야 할 것임

제1장 과업의 개요

제1절 과업의 배경 및 범위

제1장 과업의 개요

제1절 과업의 배경 및 범위

1. 과업의 배경

- 정보통신기술의 발전에 따라 빅데이터를 수집/가공할 수 있는 여건이 갖추어짐에 따라서 공공/민간기관 모두 관련 빅데이터를 수집 및 구축하고 있는 실정이며, 화물 기종점통행량 구축사업도 환경변화가 필요함
- 빅데이터를 이용한 화물 기종점통행량 구축방안을 검토하고 조사가 반드시 필요한 부분과 빅데이터를 활용하여 정확도를 높일 수 있는 부분을 검토가 요구되며, 향후 화물 기종점통행량 구축체계 전환 방안을 수립하고자 함
- 화물자동차 운행기록계 자료는 한국교통안전공단의 운행기록분석시스템을 통해 수집이 가능하며, 제공서비스는 운행 궤적, 위험운전 행동, 사고지점 등이며, 운행기록 파일을 전산 분석하여 운전자 컨설팅 등을 통한 사고예방 및 여러 방면의 목적으로 활용되고 있음
- 화물·물류부문 교통 빅데이터인 영업용 화물자동차 운행기록계 원시자료를 활용하여 영업용 화물자동차 기종점통행량 구축하여 신뢰도를 개선하고, 전통적인 조사기반 기종점통행량 구축과정을 개선하고자 함
- 대용량 운행기록계를 가공 및 분석하여 영업용 화물차량의 기종점통행수요, 교통수요 지표 및 운행특성 분석에 활용하고자 함
- 영업용 화물차에 장착된 운행기록계(Digital Tachograph, DTG)에서 생성되어 수집된 자료를 분석하고 가공하는 방법을 연구함
- 현재 수집된 화물차 운행기록계 데이터는 보관에 용이한 형태로 저장되어 있어서, 이를 사용하기 위해서는 데이터를 가공할 필요가 있음
- 본 과업은 1차년도에서 전처리 과정으로 통행자료를 추출 할 수 있게 되었으며, 이 영업용 화물자동차운행기록계 통행자료를 활용하여 지역별 기종점통행량 분석이나 고속도로 톨게이트 간 통행분석, 물류거점별 통행특성 등 다양한 공간적 범위를 기준으로

로 기종점통행량을 분석하고자 함

- 이외에 기존의 모형을 통해 추출된 네트워크 거리와 DTG 자료에서의 산출거리와 비교분석, 광역권 내 톤급별 통행분포 및 존세분화 특성에 대한 연구를 목표로 함

2. 과업의 필요성

- 공공/민간기관에서 보유하고 있는 화물교통 관련 빅데이터를 조사하고 수집하여 KTDB로 구축하는 과정이 필요함
- 화물 기종점통행량 자료의 신뢰성을 제고하기 위한 방안으로 빅데이터를 활용하여 조사표본율과 조사내용 및 조사방법에 대한 새로운 조사체계와 이를 활용 전수화하는 과정을 수립하는 것이 시급함
- 조사기반 물동량 기종점통행량과 화물자동차 기종점통행량은 모든 수단, 산업, 차종을 반영하는데 한계가 있어 화물물류 빅데이터 기반 기종점통행량 구축 시범 연구를 통하여 기존 구축체계를 보완 및 대체하기 위한 노력이 필요함
- 빅데이터를 이용한 화물 기종점통행량 구축 방안을 검토하고 조사가 반드시 필요한 부분과 빅데이터를 활용하여 정확도를 높일 수 있는 부분을 검토가 요구되어지며, 향후 화물 기종점통행량 구축체계 전환 방안을 수립하고자 함

3. 과업의 범위

가. 시간적 범위

- 과업범위 : 2019년 1월 ~ 12월

나. 공간적 범위

- 제주도를 제외한 전국을 대상으로 함

다. 내용적 범위

- 1) 화물차 운행거리 기록계자료를 활용 기종점통행량 및 운행특성 분석 기존 연구 고찰
 - 화물자동차 기반 빅데이터 활용 화물 운행특성 분석관련 문헌 검토

- 화물자동차 통행귀적 자료를 활용한 기종점통행량 방법론 검토
- 2) 화물자동차 운행기록계 자료를 활용 화물자동차 기종점통행량 구축방안
- 영업용 화물자동차 운행기록계 대용량 자료 전처리 과정 방법론 정립
 - 영업용 화물자동차의 등록정보 및 DTG 통행정보 매칭
- 3) 화물자동차 운행기록계 자료를 활용 화물자동차 기종점통행량 및 운행특성 분석
- 영업용 화물자동차 운행기록계 자료 활용 기종점통행량 분석
 - 영업용 화물자동차 일주일 운행특성 분석 및 근로형태 분석
 - 영업용 화물자동차 운행기록계 자료 활용 진출입 고속도로 TG 간 통행특성 분석
 - 영업용 화물자동차 운행기록계 자료 활용 물류거점별 통행특성 분석
- 4) 기대효과
- 신뢰성 있는 기초자료 구축을 통한 공공 교통시설 타당성 평가 자료의 객관성 확보 및 교통정책 개발 및 연구의 신뢰성 증진됨
 - 화물물류 부문 빅데이터를 활용하여 기종점통행량 구축 방안을 검토하여 기존 인력식 면접조사와 표본조사의 한계를 극복할 수 있음
 - 빅데이터를 기반 기종점통행량 구축을 통해 자료의 갱신 주기를 줄이고 지역별 화물교통수요 변화분을 시의성 있게 반영될 것이라 판단됨

제2장 화물차 운행거리 기록계자료를 활용 기종점통행량 및 운행특성 분석 기존 연구 고찰

제1절 개요

제2절 화물부문 운행거리기록계자료를 활 용한 기존 연구

제2장 화물차 운행거리 기록계자료를 활용 기종점통행량 및 운행특성 분석 기존 연구 고찰

제1절 개요

- 본 연구는 1차년도에 이어 기존의 영업용화물자동차의 기종점통행량 구축을 위한 국내외 연구를 고찰하였음
- 1차년도에서는 화물부문 빅데이터를 활용 기종점통행량을 구축하기 이전에 초단위로 수집되는 화물차량의 궤적자료를 구분하는 것이 필요함
 - 차량의 통행을 정의하기 위하여 차량의 정차시간, 주행시간, 경유시단 등을 분석한 후 통행을 구분하는 데 기준이 되는 연구들을 고찰하였음
- 본 연구에서는 차량의 GPS 궤적자료 등 이동자료를 활용하여 운행특성, 통행사슬유형, 휴게소이용 등의 연구를 중점으로 고찰하였음

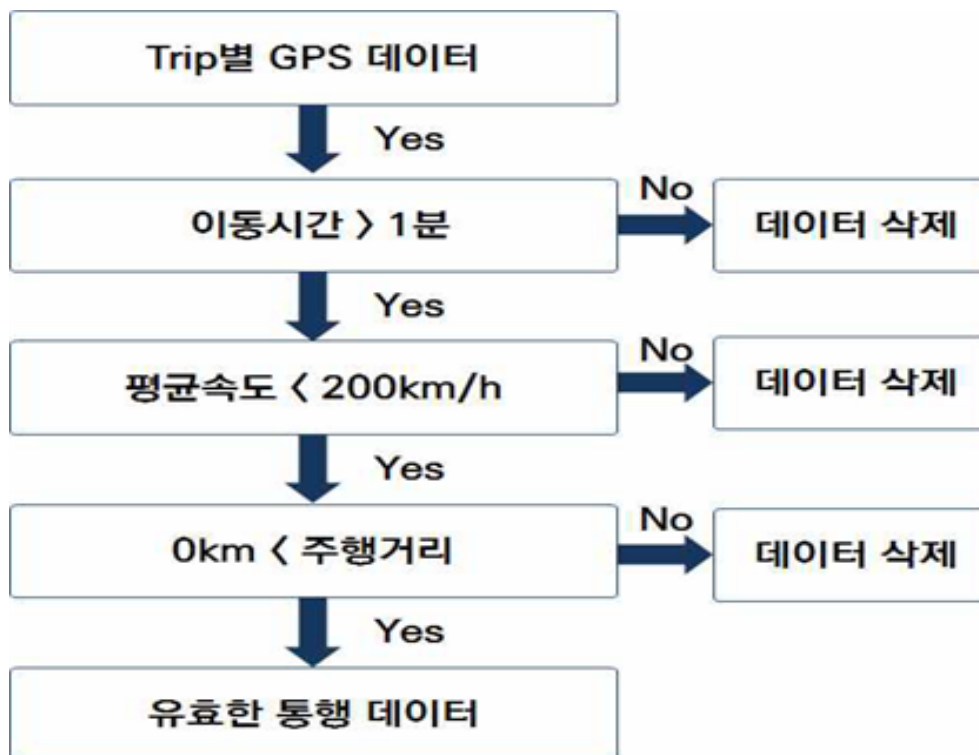
제2절 화물부문 운행거리기록계자료를 활용한 기존 연구

1. 첨단교통자료를 활용한 교통지표 DB 구축(2)(한국교통연구원)(2016)

- 화물차 영업용화물자동차 운행거리 기록계 정보의 다양한 활용을 위한 DB 구축 및 화물자동차의 교통안전 분야의 DT G활용을 통해 화물자동차의 교통안전 방안을 검토하는 것을 목적으로 하였음
- 화물차 영업용화물자동차 운행거리 기록계 정보 DB 구축의 공간적 범위는 전국이며, 국내 영업용 화물차의 2016년 3월 3째주(13일~19일)의 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료를 기반으로 하였음
- 영업용화물자동차 운행거리 기록계 정보의 DB 구축, 화물자동차의 통행특성 분석 및 활용방안, 화물자동차의 교통사고 특성 및 원인 분석 등 크게 3개의 부문으로 내용적 범위를 구성함
- 영업용화물자동차 운행거리 기록계에서 제공하고 있는 주행시간과 주행거리를 이용하

여 각 개별화물차에 부여된 Trip_id를 기준으로 출발시각과 도착시각, 순간속도의 평균, 출발주행거리, 도착주행 거리를 계산함

- 통행의 특성을 분석하기 위해서 추출해낸 정보의 특성은 아래와 같음
 - 출발시각 : car_req_no와 trip_id를 기준으로 최초 출발시각 추출
 - 도착시각 : car_req_no와 trip_id를 기준으로 최종 도착시각 추출
 - 이동시간 : 도착시간 - 출발시간 (milisecond 단위)
 - 출발주행 거리 : car_req_no와 trip_id를 기준으로 최초 출발거리 추출
 - 도착주행 거리 : car_req_no와 trip_id를 기준으로 최종 도착거리 추출
 - 총 주행거리(km) : (도착주행 거리 - 출발주행 거리)
 - 평균속도(km/h) 거리)/(이동시간 /3600/100)
- 전체 화물차를 통행 별로 정리한 후 데이터에서 유효통행을 추출하는 과정을 수행함
- 1단계로 이동시간이 1분이 되지 않는 통행을 삭제하였으며, 2단계로 평균 속도가 시속 200km 이상인 이상치의 값들을 삭제하였으며, 마지막으로 주행거리가 0km인 경우를 제외함



<그림 2-1> 첨단교통자료를 활용한 교통지표 DB 구축 유효 통행 추출 과정

2. Synopsis of New Methods and Technologies to Collect OriginDestination (O-D) Data, HARD, Ed, et al.(2016), FHWA-HEP-16-083

- 모바일 자료, GPS 자료, 블루투스 자료를 통한 기종점통행량 구축 및 활용 가능성을 검토한 연구를 수행함
- 자료별로 수용능력, 표본율, 지역별(도시, 지역, 주) 전체의 범용 가능성, 한계점을 연구함
- GPS자료는 가구통행실태조사와 병행한 GPS 자료, 3자물류 GPS 자료, 민간업체 자료로 구분되어짐
- GPS자료 통행은 정차시간을 통해 주로 추출되어지며, 상업용 차량과 비상업용 차량, 공간적 범위, 차종, 시간, 시간간격, GPS 형태가 주 구분 요소이며, OD분석, 통행행태분석, 일 시간분포 분석이 가능함

O-D Data Element	Technology/Method		
	Cellular	GPS Data Stream	Bluetooth (E-E Only)
Data unit	Cell sighting based on event: call, text, data use/exchange, or network handover	GPS ping; time-stamped coordinate	MAC address of device
Positional accuracy	300 meters (average)	1–10 meters	About a 100 meter range
Data saturation/penetration	Good, but varies	Relatively low	Varies by external station. Ranges from about 3–10 percent.
Sample frequency	Varies widely, in minutes	In seconds or minutes	In seconds
Continuous data stream?	No, random events	Sometimes, but typically pieces of trips captured	Yes, but only in about 100 meters range of reader
How trips and trip ends are estimated and defined	Based on activity points and clusters	Trip based on GPS data stream	MAC address matches between readers. Trip ends cannot be determined.
Anonymization	Encrypted to anonymize individual and device IDs through WISE technology	IDs scrambled and time/distance offsets applied. Actual trip ends may not be provided.	MAC address anonymized at field readers by removal of some digits of address, data aggregated prior to O-D table creation

<그림 2-2> 모바일 자료, GPS 자료, 블루투스 자료 기술적 특성 비교

Suitability by Study and Data Use		Cell Data	Third-Party GPS Data	Comments
External Surveys	E-E trips	limited	✓✓	GPS more comparable to Bluetooth. Limited ability to apply E-E travel time constraints with cell. Several studies have found cell based E-E trips to be low.
	E-I/I-E trips	✓✓	✓	With appropriately-sized TAZs, cell data are best for total trips due to good sample penetration, though GPS may be better for commercial trips.
	Trip purpose	✓	✗	Cell estimates trip purposes based primarily on device's home and work locations. Purpose from GPS data could potentially be imputed based on land use.
	Commuter information	✓	✗	This is valuable information for many urban areas.
	Residency	✓	✗	Resident vs. non-resident splits needed for many models.
	Commercial/Freight	✗	✓	GPS splits O-D data into freight and non-freight sources (cars, apps, and freight categories).
	Demographic information	✓	✗	Based on census tract of the cell device's home location.
	Route information	✗	✓✓	GPS can determine route between O-Ds using waypoints or TMCs.
	Ability to apply travel time constraint	✗	✓	Typically needed to develop E-E trips/matrices.
Corridor Studies	Within urban areas (operational)	✗	✓✓	Cell not well suited due to low positional accuracy.
	Within urban areas (planning, select link analysis)	limited	✓✓	GPS has better positional accuracy, can provide directionality. GPS has ability to constrain data to corridors in urban settings.
	County to county	✓✓	✓	Cell sample size makes it best for total traffic, plus it can inform on residents, visitors, commuters, etc. However, GPS needed for freight. Depends on study objectives.
	Multicounty metro regions	✓✓	✓	
	Between major metro areas	✓✓	✓	
Time Period Options	Hourly or peak hour	✗	✓	Cell's low sampling frequency precludes data in hourly increments. GPS sample size may be low for this short of duration.
	Peak period	✓	✓✓	GPS better suited since it is collected in more frequent time increments.
	15 minute bins	✗	limited	Sample frequency and size probably too small to provide cell data in this time increment, same may be true for GPS
	Average weekday, weekend, etc.	✓	✓	Either is fine.
Miscellaneous	Population/human activity movements	✓✓	✗	Good use of cell data.
	Statewide O-D	✓✓	✓	Cell best due to sample size, but GPS needed for commercial/freight.
	ODME	✓	✓	Cell is best for regional estimations and GPS could work well for urban corridor and/or microsimulation studies.
	Travel time	✗	✓✓	GPS due to good accuracy and frequency of data points.
	Travel speed	✗	✓✓	GPS due to good accuracy and frequency of data points.
	Traffic operations studies	✗	✓✓	GPS due to good accuracy and frequency of data points.
	Freight studies	✗	✓	Current GPS data are biased toward freight. Appears to be promising source for freight planning studies.

<그림 2-3> 연구분야에 따른 모바일 자료, GPS 자료 적합성 비교

8.5	Advantages	Disadvantages
Cellular data	<ul style="list-style-type: none"> • Ease of implementation • Lower cost alternative to traditional O-D data collection • Good data saturation/penetration • Widespread geographic coverage • No limit on study time period (but time periods must be greater than three hours) • No equipment to purchase, deploy, or retrieve • Can estimate resident, non-resident commuter trips • Ability to estimate trip purpose • Good source for E-I/I-E trips with proper TAZ aggregation 	<ul style="list-style-type: none"> • Concerns for accuracy of data at smaller geographic scales • Inability to provide route at smaller scales • Inability to distinguish between non-commercial and commercial vehicles • Unknowns about how results/outcomes are developed • More apt to collect trip chains and miss short trips • Low sampling frequency • Inability to provide time constrained E-E trips; difficulty in isolating E-E trips
GPS data	<ul style="list-style-type: none"> • Ease of implementation • Lower cost alternative to traditional O-D data collection • Good spatial and temporal resolution • No equipment to purchase, deploy, or retrieve • Ability to identify routes between trip ends • No limit on study time period • Results can be applied to both urban TAZs and networks • Can distinguish between non-commercial and commercial vehicles • High sampling frequency • Viable source for E-I/I-E commercial trips • Good source for E-E trips, especially commercial 	<ul style="list-style-type: none"> • Low data saturation/penetration in relation to traffic stream • Current bias toward commercial vehicles • Anonymization reduces accuracy of trip ends • More apt to collecting only portions of trips when navigation session in use; misses portion of trip when navigation turned off
Bluetooth data	<ul style="list-style-type: none"> • Collects samples of actual E-E trips • Good for quick smaller scale studies if equipment is available • Data available in real time and/or immediately after study 	<ul style="list-style-type: none"> • Collects point sensor data • Data do not identify trip ends • Inability to collect, E-I/I-E trips; collects E-E data only • Cannot distinguish between non-commercial and commercial vehicles (though these splits can be estimated based on class counts) • Usually requires field work and equipment installation

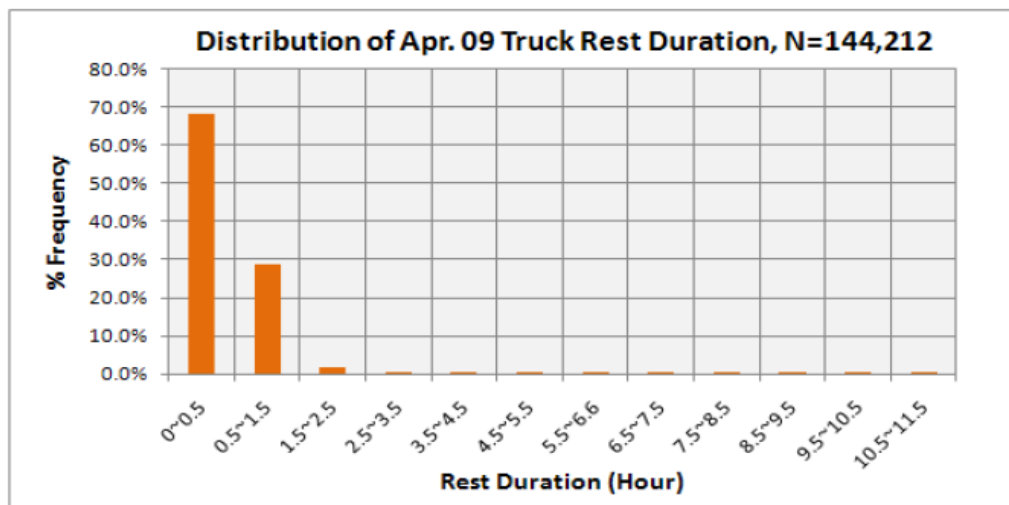
<그림 2-4> 모바일 자료, GPS 자료, 블루투스 자료 장단점 비교

3. Using archived truck gps data for freight performance analysis on i-94/i-90 from the twin cities to chicago, Liao, C. F. (2009)

- 미국의 시카고와 트윈시티 사이의 교통축을 GPS 자료를 바탕으로 분석하여 화물 교통계획 및 교통정책 의사결정과정의 다양한 가능성 검토
- 통행의 정지와 휴식시간을 속도 5km/h, 거리 10m 이하로 구분하여 분석함
- 분석결과 휴식시간은 30분이네 휴식이 68%, 30분~1시간 30분 휴식이 28%를 차지함



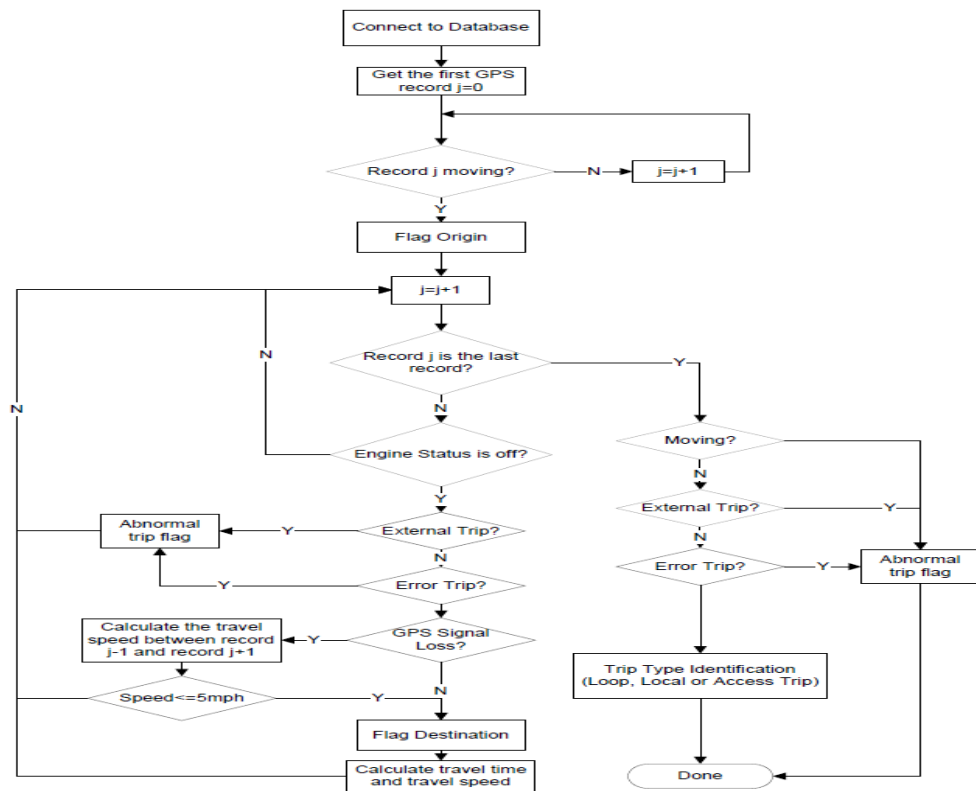
<그림 2-5> 미국 시카고-트윈시티 교통축 지점별 화물자동차 도착 통행수



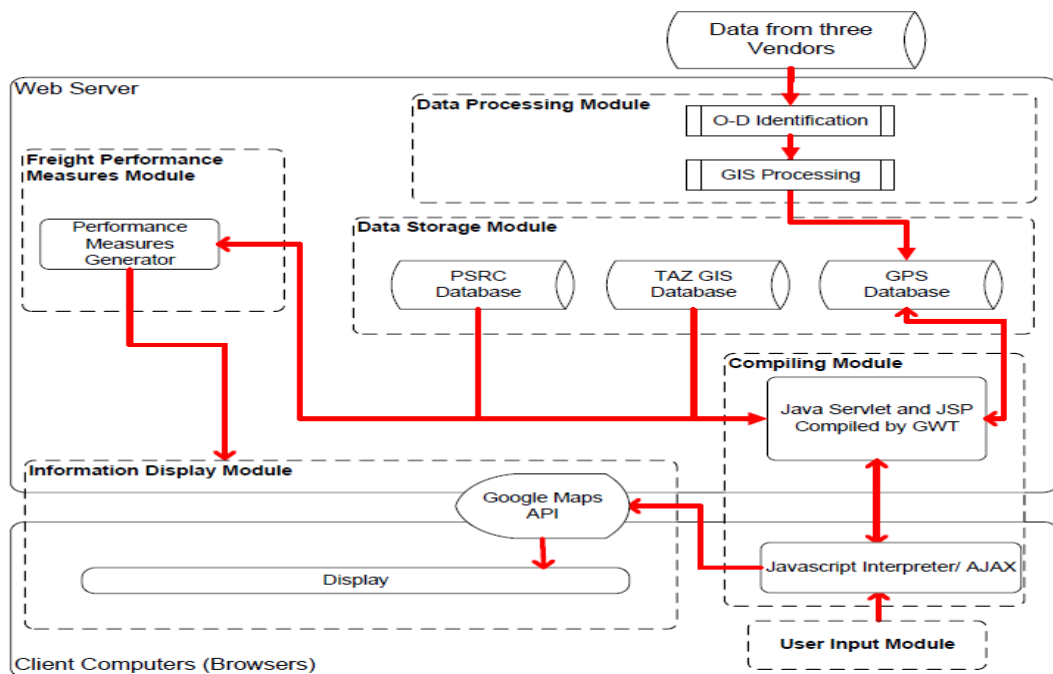
<그림 2-6> 미국 시카고-트윈시티 교통축 화물차 휴게시간 분포

4. Processing commercial global positioning system data to develop a web-based truck performance measures program, Ma, X., McCormack, E. D., & Wang, Y. (2011)

- 미국의 Puset Sound Region 지역의 도로 네트워크 성능평가와 화물차의 정시성 분석 연구를 수행함
- 화물 GPS 자료의 정제과정을 자동화 하고, 화물차의 통행특성 및 기종점통행을 분석 하고, 지도에 맵매칭하는 과정과 화물차 성능 평가 통계지표를 구축함



<그림 2-7> 미국의 Puset Sound Region 지역 GPS 자료 OD 추출과정 알고리즘 흐름도



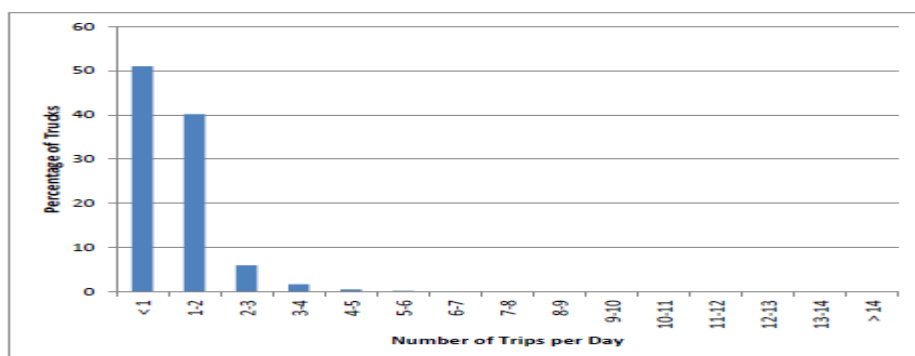
<그림 2-8> 미국의 Puset Sound Region 지역 온라인 화물차 화물 운행지표 시스템 흐름도

5. Using Truck Fleet Data in Combination with Other Data Sources for Freight Modeling and Planning, Florida, Dept. of Transportation. Research Center(2014)

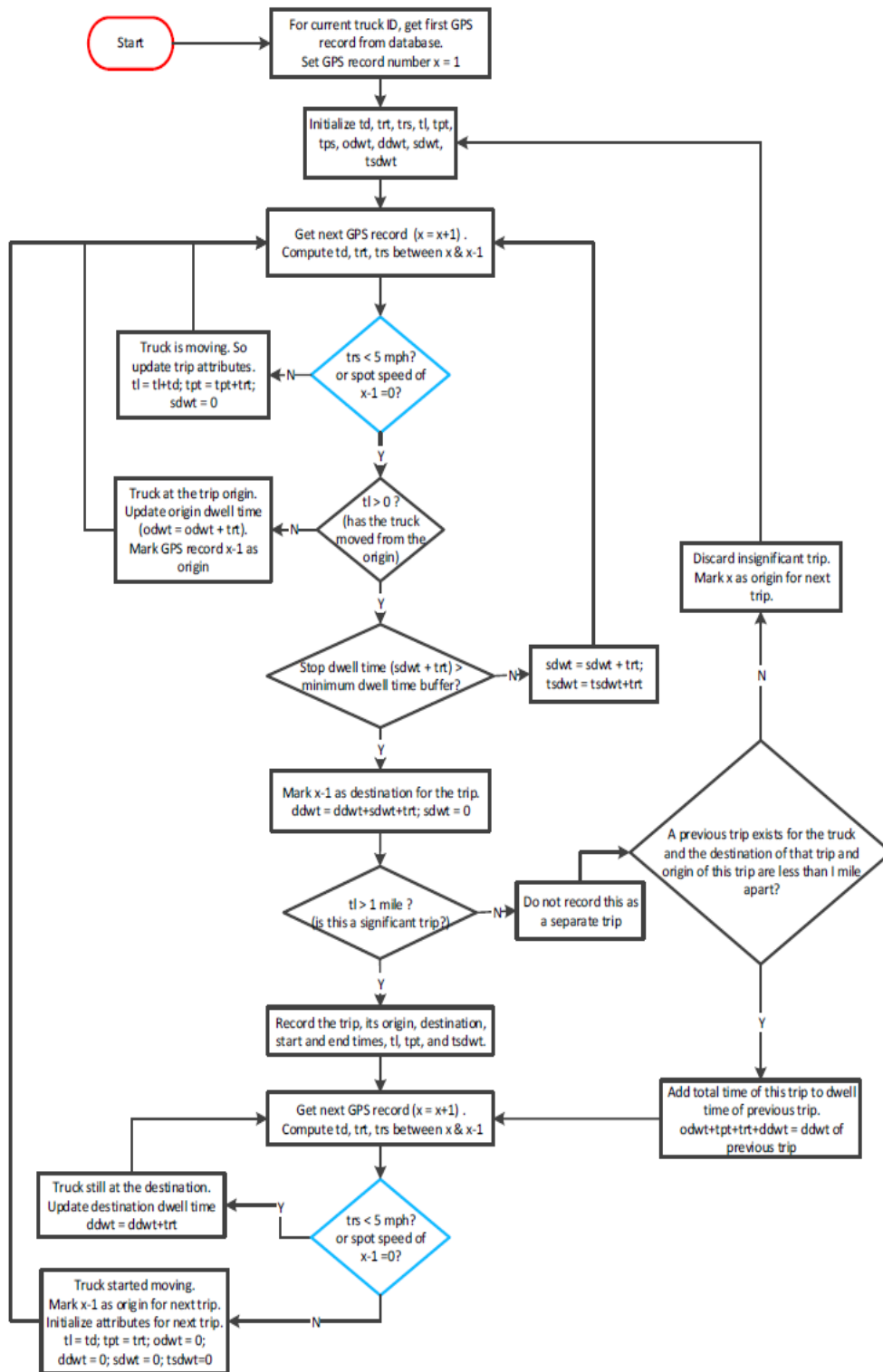
- ATRI (American Transportation Research Institute) GPS 자료를 바탕으로 플로리다주 화물수요 모형을 구축하기 위해 알고리즘을 개발함
- 4개월 1억 4천 5백만 관찰점을 바탕으로 1.2백만 통행을 추출하였음
- 통행 추출과정은 트럭 ID를 바탕으로 날짜와 시간을 맞추어 정리하였고, 통행 종료, 출발, 도착을 정의하였음
- 연속적인 GPS 관찰점을 통해 공간적인 움직임, 시간 간격, 속도, 거리를 추출하였으며, 최소 정차시간 정의, 매우 작은 통행 제거 또는 포함 정의, 큰 시간간격과 불완전 통행을 통해 이상치를 제거하였음
- 휴게소, 주차장, 주유소 통행 종료를 제거하였으며, 왕복통행 및 다수통행을 고려하여 통행을 추출하였음

Number of Trips from ATRI Data	# OD Pairs Based on All Trips from ATRI Data with & without Spot Speeds	# OD Pairs Based on Trips from ATRI Data with Spot Speeds	All Trips from ATRI Data with Spot Speeds with at Least One End in Florida
1-5	286,579	110,269	68,128
5-10	18,059	7,297	3,864
10-20	11,166	4,543	1,860
20-30	4,026	1,512	495
30-40	2,143	764	243
40-50	1,219	412	132
>=50	4,134	1,341	367
Total	327,326	126,138	75,089

<그림 2-9> 플로리다 주 GPS 자료 기반 화물차 통행수



<그림 2-10> 플로리다 주 GPS 자료 기반 화물차 하루 통행비율



<그림 2-11> 플로리다 주 GPS 원시자료에서 통행 추출 알고리즘

6. Mining freight truck's trip patterns from GPS data, Huang, J., et al. (2014)

- 화물차의 효율적인 모니터링을 위해 중국의 3자 물류회사 회사 트럭 14,654대, 6개월 GPS 자료를 바탕으로 통행 행태를 분석함
- 군집분석 방법론을 사용하였고, 화물차의 휴식일 분석, 지역 간 통행 분석, 출발 및 도착 시점 분석, 통행경로 분석을 수행하였음
- 통행 추출과정은 적재, 하역, 휴식 기준은 2시간으로 한정하였고, 30분 이상 GPS 자료 불연결은 통행 소멸, 데이터 지속시간은 1시간 미만, 속도 120km/h 초과는 유효 통행으로 허용하지 않았음

Field	Sample	Memo
truck ID	7077BPGFSU	
Longitude	115839512	10^{-6} Degree
Latitude	31814818	10^{-6} Degree
Mileage	30913	10^{-1} Kilometre
Speed	0	KM/h
Direction	50	0 to 359 Degree, north is 0
Height	0	Height above sea level
Time	14-5-30 0:1:23	

<그림 2-12> 중국 화물자동차 운행기록계 자료 구조

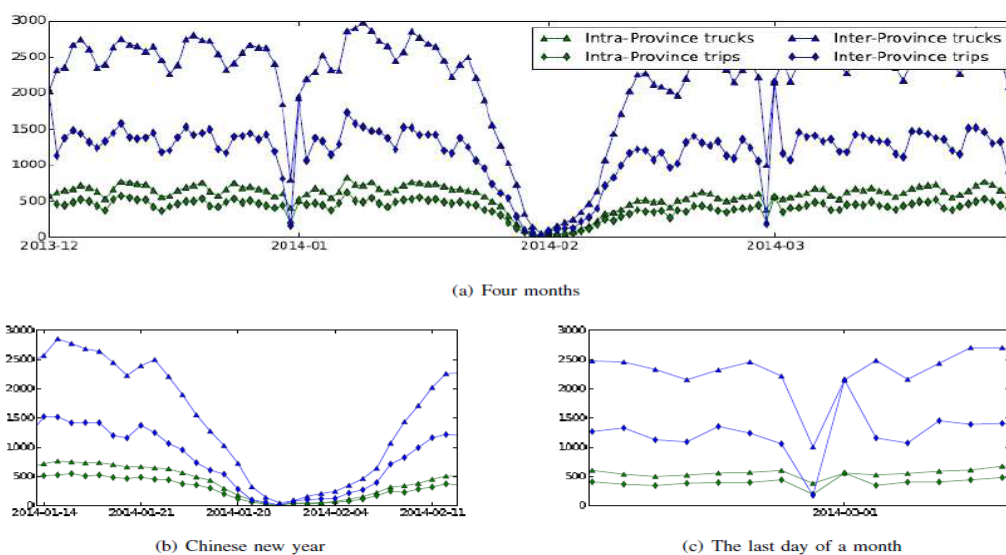
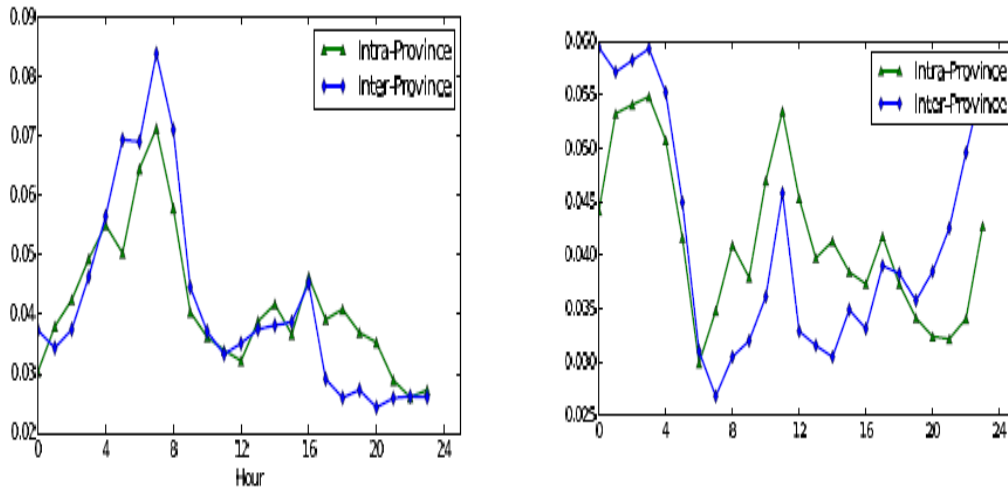


Fig. 2. Trip and Freight truck number over days

<그림 2-13> 중국 화물자동차 운행기록계 월별, 특정일 지역 간 및 지역 내 통행 분석



<그림 2-14> 중국 화물자동차 운행기록계 지역 간 및 지역 내 통행을 하루 통행 출발 및 도착 시점

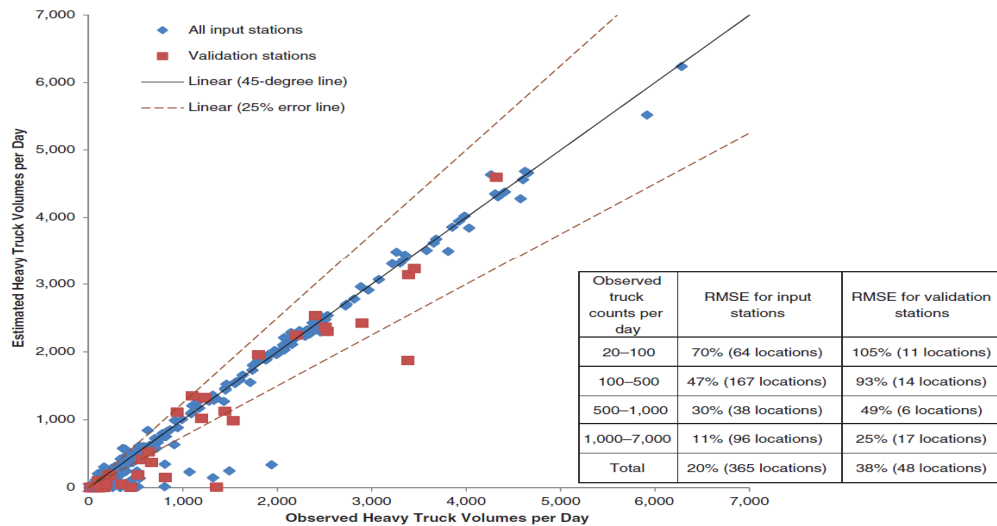
7. Estimation of Statewide Origin - Destination Truck Flows From Large Streams of GPS Data Application for Florida Statewide Model, ZANJANI, Akbar Bakhshi, et al.(2015)

- 플로리다 주 GPS 자료를 통해 구축된 통행자료를 바탕으로 기종점통행량 자료를 구축하는 과정을 연구함
- GPS 자료의 차종구성 비율, 관측교통량 대비 지점 GPS자료 통행 구성 비율, 공간 지리적 표본 비율 등을 파악하여 관측교통량 기반으로 기종점통행량을 추출(ODME)하는 과정을 수행함

Facility Type	Number of TTM Stations (%)	Truck Traffic Volume		
		Observed (Classes 8-13) [number (%)]	ATRI Data [number (%)]	Coverage (%)
Freeways and expressways	29 (18.1)	1,063,765 (65.6)	111,608 (68.3)	10.5
Divided arterials	64 (40.0)	333,791 (20.6)	30,472 (18.6)	9.1
Undivided arterials	52 (32.5)	101,066 (6.2)	6,969 (4.3)	6.9
Collectors	8 (5.0)	42,164 (2.6)	5,127 (3.1)	12.2
Toll facilities	7 (4.4)	80,493 (5.0)	9,291 (5.7)	11.5
Total	160 (100)	1,621,279 (100)	163,467 (100)	10.1

NOTE: Traffic volumes are for May 9-15, 2010.

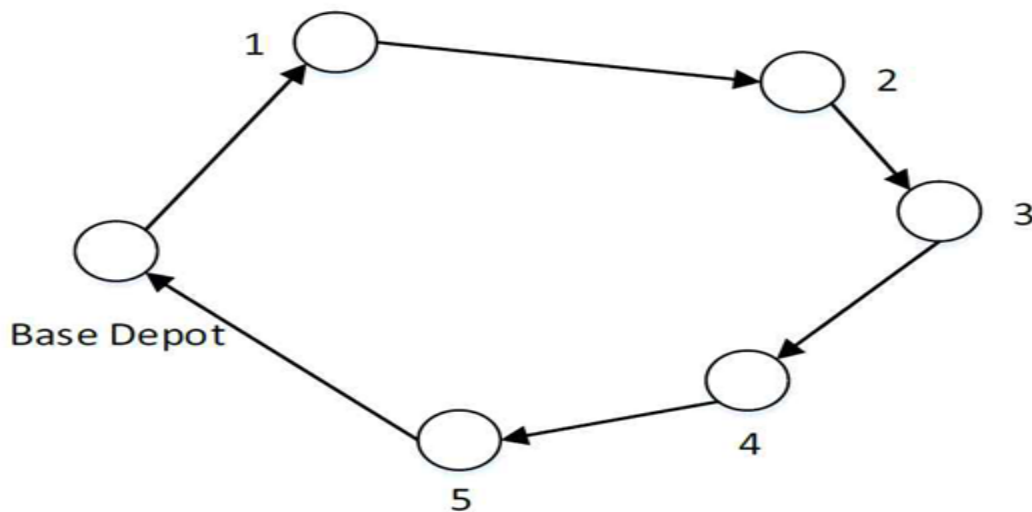
<그림 2-15> 미국 플로리다주 관측교통량 대비 GPS 자료 표본 비율



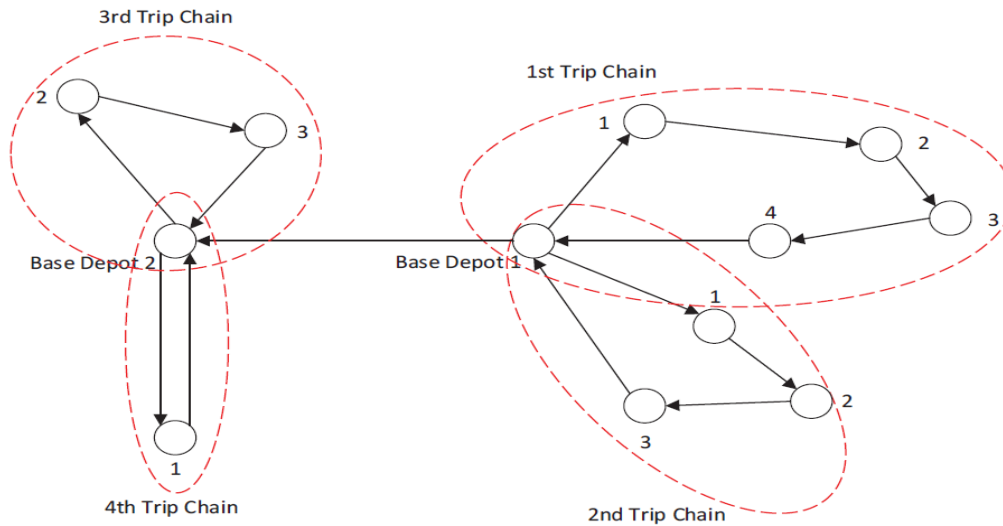
<그림 2-16> 미국 플로리다주 관측교통량과 추정교통량 비교

8. Approach with GPS Data Understanding Freight Trip-Chaining Behavior Using a Spatial Data-Mining, Ma, Xiaolei, et al.(2016)

- 데이터 마이닝 기법 알고리즘을 구축하여 통행을 정의하고 군집분석을 수행하여 통행사슬 행태 분석을 수행하였고, 3일간 GPS 데이터를 활용하여 51% 트럭을 통행사슬 형태로 구축하였으며, 4개의 통행사슬 형태가 구축되었음
- 통행의 정의는 고속도로 휴게소, 과적단속지점에서의 정차는 제거하였으며, 최소 시간 간격은 1시간, 대기시간은 3분, 50m 간격안에 있는 것은 하나의 지점으로 정의하였음



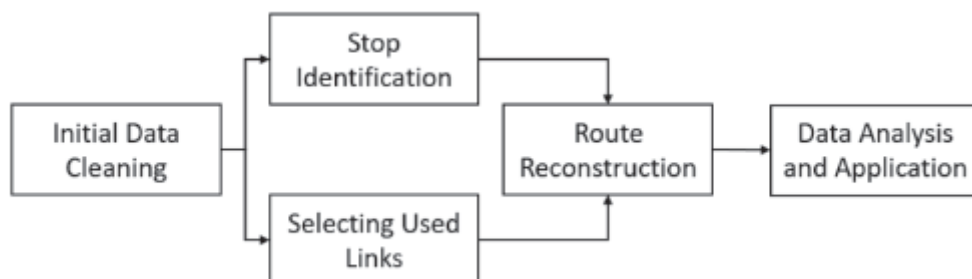
<그림 2-17> Ma, Xiaolei 연구의 통행사슬 정의



<그림 2-18> Ma, Xiaolei 연구의 다수 통행 사슬 예시

9. Expanding the Uses of Truck GPS Data in Freight Modeling and Planning Activities, Camargo, P., et al.(2017)

- 화물차의 GPS 자료를 바탕으로 맵매칭 알고리즘을 활용하여 화물 수요 모형 및 화물 교통계획의 활용 가능성을 검토함
- 통행의 정의 과정은 휴게소, 주요소 정차 통행, 속도 8km 이하, 805m 이하, 5분이하 통행은 배제하는 과정을 거침
- 시간대별 분석, 경로분석, Select-OD 분석, 경로시각화 분석을 활용방안으로 제시함



<그림 2-19> 미국 애리조나주 GPS 자료 맵매칭 과정

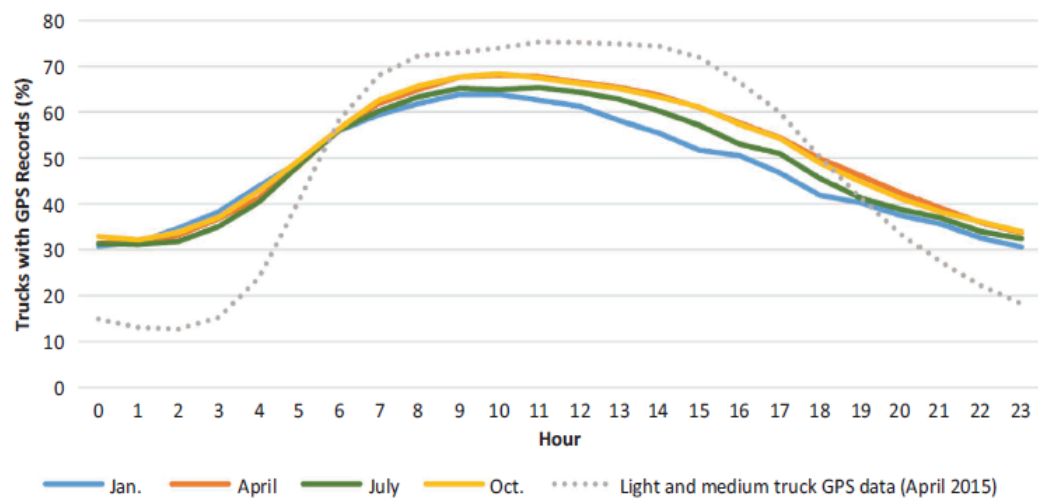


(a)



(b)

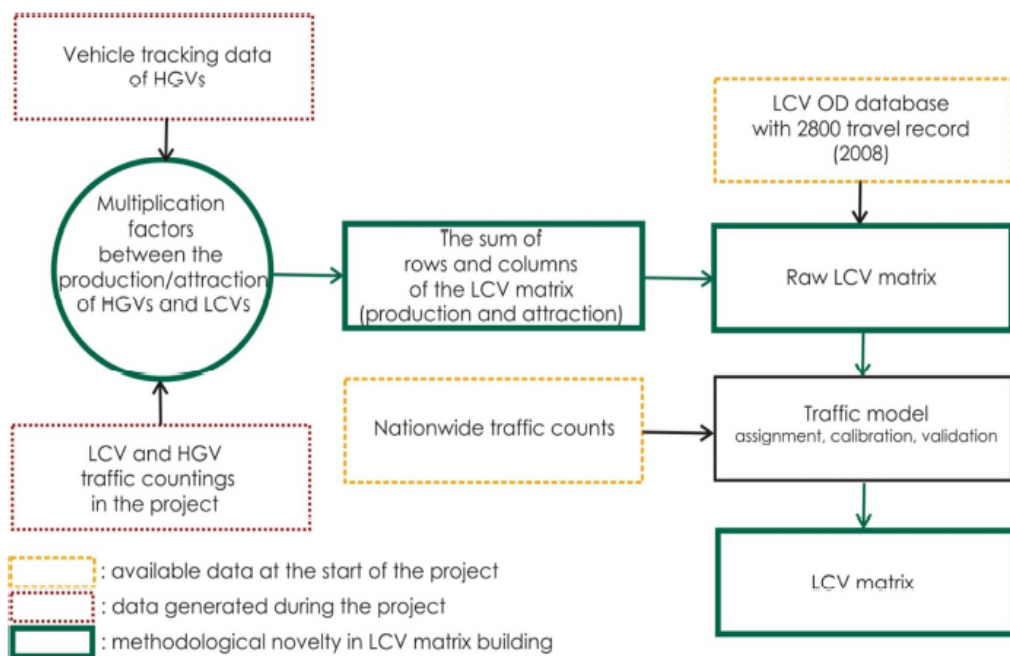
<그림 2-20> 미국 애리조나주 GPS 자료 활용한 교통량 흐름



<그림 2-21> 미국 애리조나주 GPS 자료 활용한 시간대별 분석

10. Estimating a light commercial vehicle OD matrix based on the vehicle tracking data of heavy good vehicles, András Szele(2018)

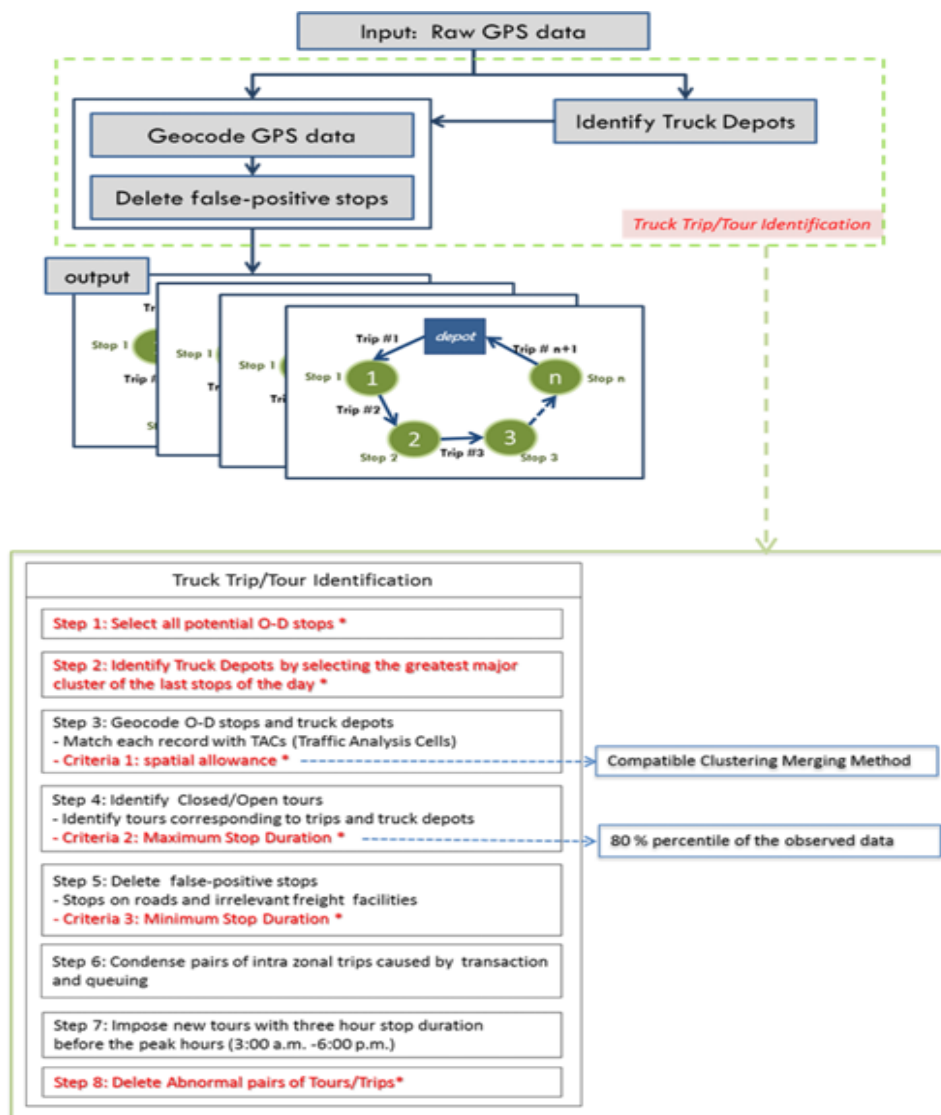
- 소형화물차가 수요 추정하기에 중대형 화물차에 어려움
- 과거 설문 조사된 소형화물차 2,800대와 중대형 화물차 GPS 빅데이터를 바탕으로 연계하여 수요추정하는 연구를 수행함



<그림 2-22> 헝가리의 중대형 화물차 소형 화물차 기종점통행량 추정과정

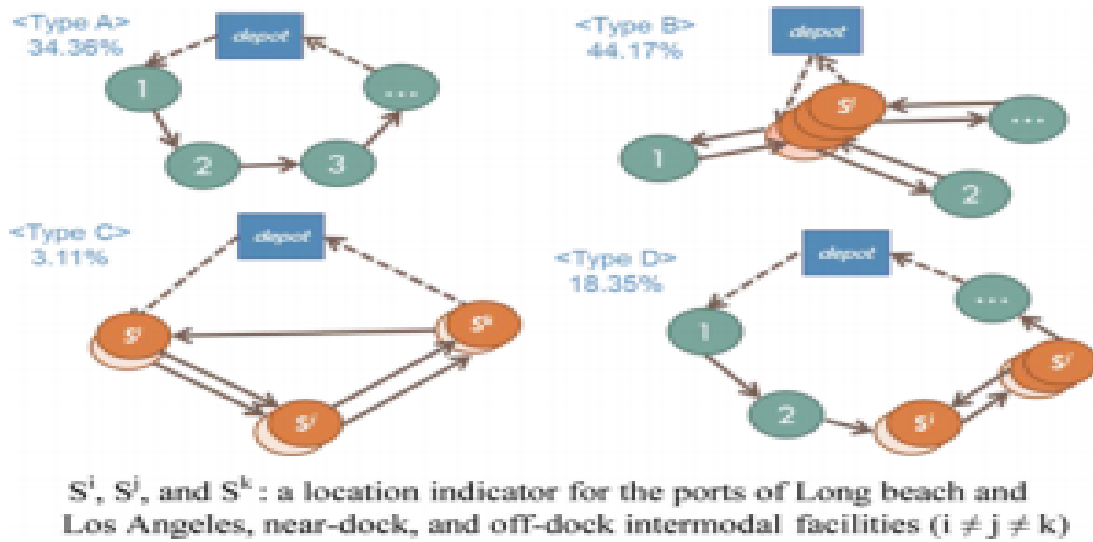
11. A GPS data processing framework for analysis of drayage truck tours, You, S. I., & Ritchie, S. G. (2018).

- 미국 캘리포니아주 성 페트로 항만 화물차 GPS 자료를 바탕으로 운행행태 파악을 위해 자료 처리과정, 운행행태 분석기준 정립한 후, 운행특성 분석을 수행함
- 좌표값, 속도, 정차시간, 비물류활동 관련 지표 등을 통해 이상치를 제거하였음
- 통행 및 투어 관련 횟수, 시간, 거리 지표를 통해 출발 및 도착 시점, 요일별, 월별, 연료별 운행특성을 분석하였으며, 운행행태를 크게 4가지로 구분하였음



* the main modules to be addressed in detail

<그림 2-23> 미국 캘리포니아주 컨테이너 화물차 GPS 자료 정제 과정



<그림 2-24> 미국 캘리포니아주 컨테이너 화물차 GPS 자료 활용 통행 형태 유형 구분

		Two-sample z-test	LNG Trucks (n=481)	Diesel Trucks (n=64)
Trip	Travel Time	DIFFERENT	0.65	0.79
	Travel Distance	DIFFERENT	16.37	23.57
Closed Tour	Tour Time	DIFFERENT	5.61	6.89
	Operation Time*	DIFFERENT	2.70	3.56
	Travel Distance	DIFFERENT	67.63	103.15
	Trips per Tour	DIFFERENT	4.11	4.33
Open Tour	Tour Time	DIFFERENT	6.86	7.11
	Operation Time	DIFFERENT	3.19	3.39
	Travel Distance	DIFFERENT	80.23	105.27
	Trips per Tour	DIFFERENT	4.94	4.54
Tours Per Day		DIFFERENT	1.75	1.46
Trips Per Day		SAME	6.19	6.22

Notes Two-sample z-test at the $\alpha = 0.05$ significance level
Operation Time = Tour Time - Transaction Time

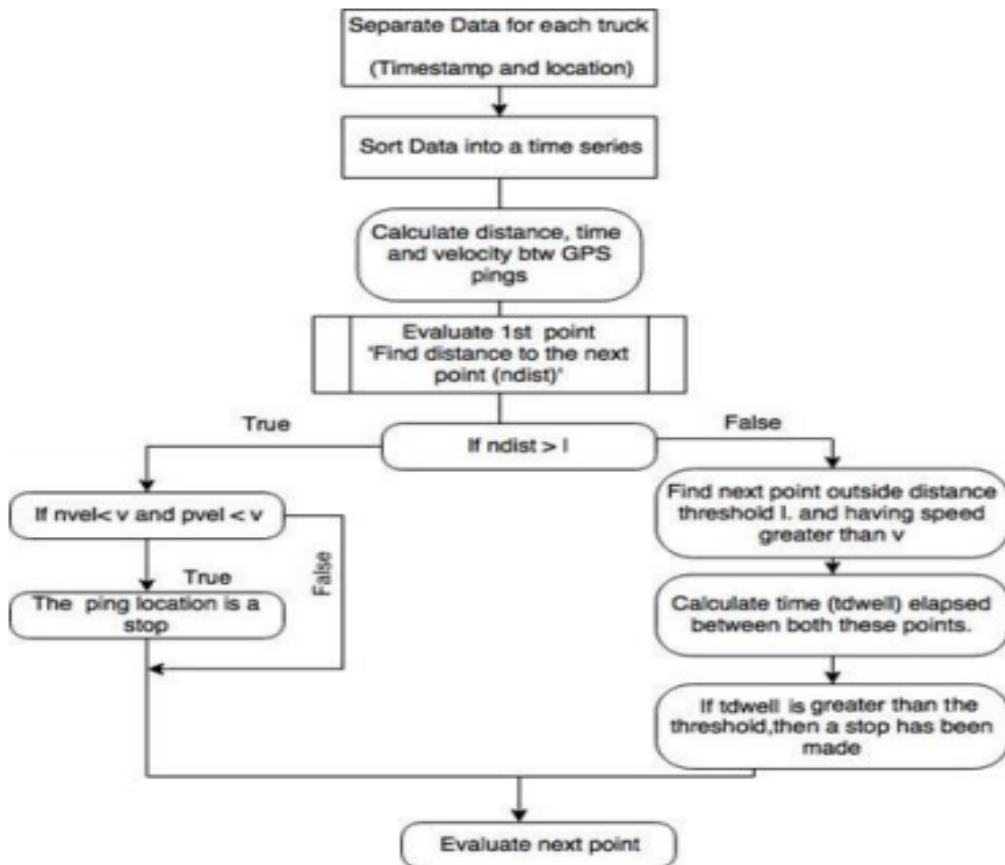
<그림 2-25> GPS 자료 활용 LNG 및 디젤 화물차 통행 및 투어 비교 분석 결과

12. Analysis of Truck Travel behaviour using passive GPS data - Case study of Calgary Region, Kinjarapu, A. (2018).

- 캐나다 캘거리 지역의 화물자동차 GPS자료를 활용하여 화물차 통행 및 정차 기준 모형, 도착지 선택모형을 구축함
- 정차시간과 거리 정보 및 토지이용 정보를 결합하여 최적화 기법을 활용하여 정차 기준 모형을 적용하였을시 기존의 정차시간과 거리 정보만을 활용하는 것보다 97%의

정확도를 보였음

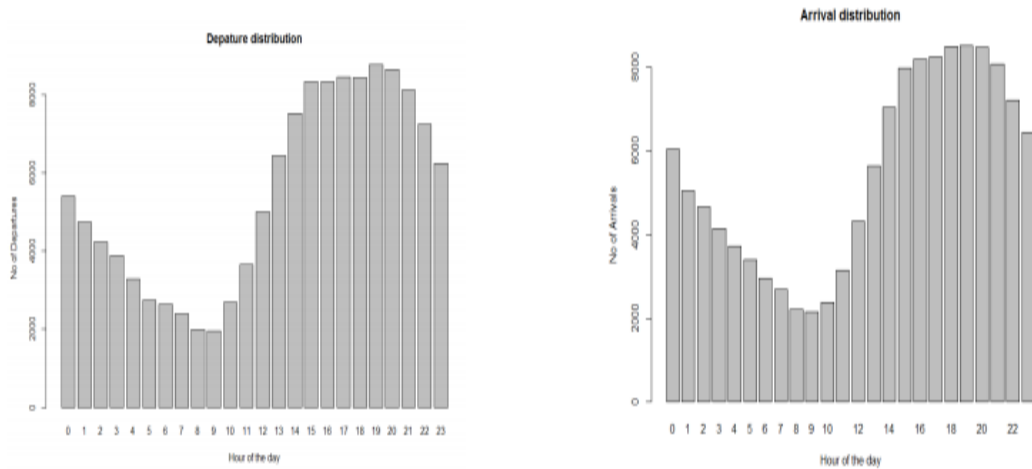
- GPS 자료를 활용하여 도착지 선택모형을 추정했을시 운행거리, 고용자수, 시계유출입 지역 통행수 등이 중요 변수로 추정되었음



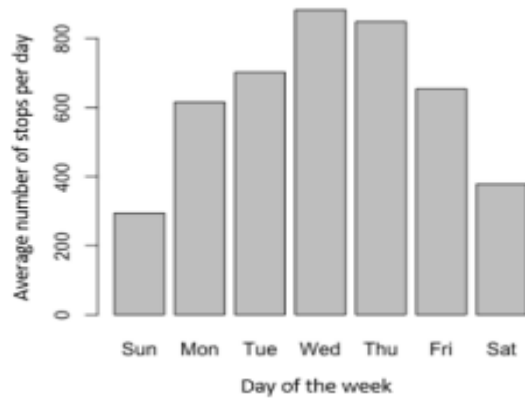
<그림 2-26> 캐나다 캘거리 화물차 GPS 자료 활용 통행행태 분석 알고리즘

Study	Stop dwell time threshold used
Stopher et al. (2003)	2 mins
Ma et al. (2011)	3 mins
Zanjani et al (2015)	15 mins
Greaves and Figliozzi (2008)	120-300 secs, used 240
Sharman and Donelly (2017)	4 mins or 1.8 km/hr
Mishra et al. (2016)	15 mins
Joubert and Axhausen (2014)	90th percentile of distribution

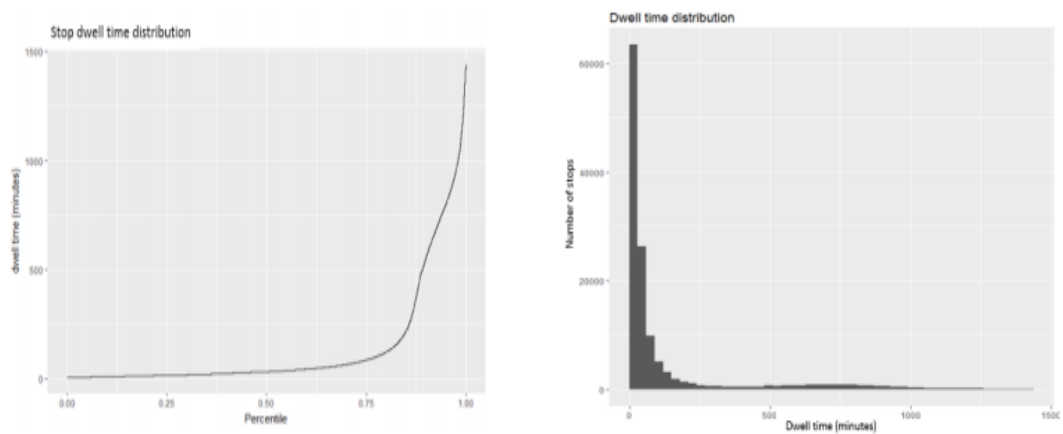
<그림 2-27> 화물차 운행기록계 자료 활용 정차 시간 기준 기존 연구 분석 결과



<그림 2-28> 캐나다 캘거리 화물차 GPS 자료 활용 시간대별 출발 및 도착 통행 분포



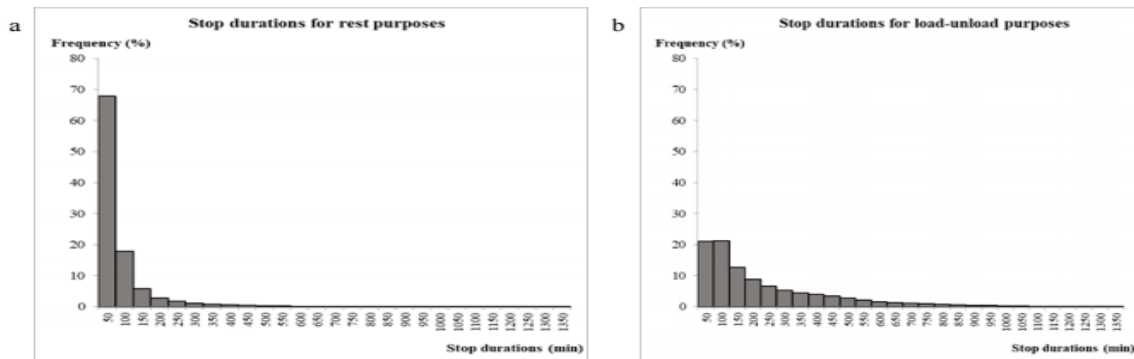
<그림 2-29> 캐나다 캘거리 화물차 GPS 자료 활용 일주일 통행 특성 결과



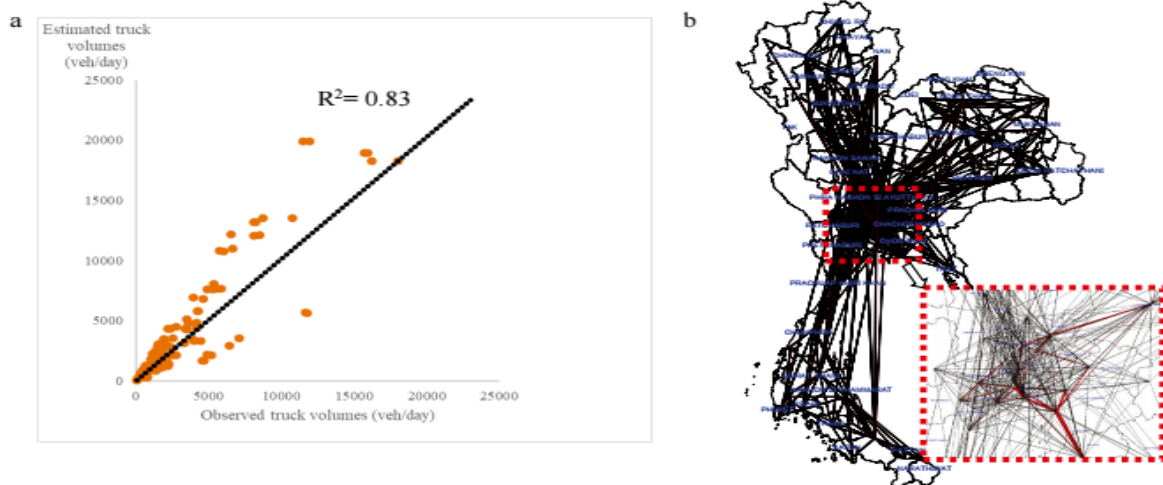
<그림 2-30> 캐나다 캘거리 화물차 GPS 자료 활용 정차시간 누적 및 빈도 분포

13. Freight traffic analytics from national truck GPS data in Thailand, Chankaew, N., et al. (2018).

- 태국의 국가 화물차 GPS 자료를 바탕으로 기종점통행량을 구축하는 방법론을 구축함
- GPS 빅데이터의 이상치 제거 방법론을 구축하고, 공간적 토지이용 정보를 활용 품목별로 분류하고 시간대별로 정차시간과 상하차시간 통계분석을 수행함
- 품목별로 표본 기종점통행량을 구축한 후 화물자동차 관측교통량 자료를 기반에 가중치를 적용하여 기종점통행량을 구축함



<그림 2-31> 태국 GPS 자료 활용 휴게 및 상하차 정차시간 분포



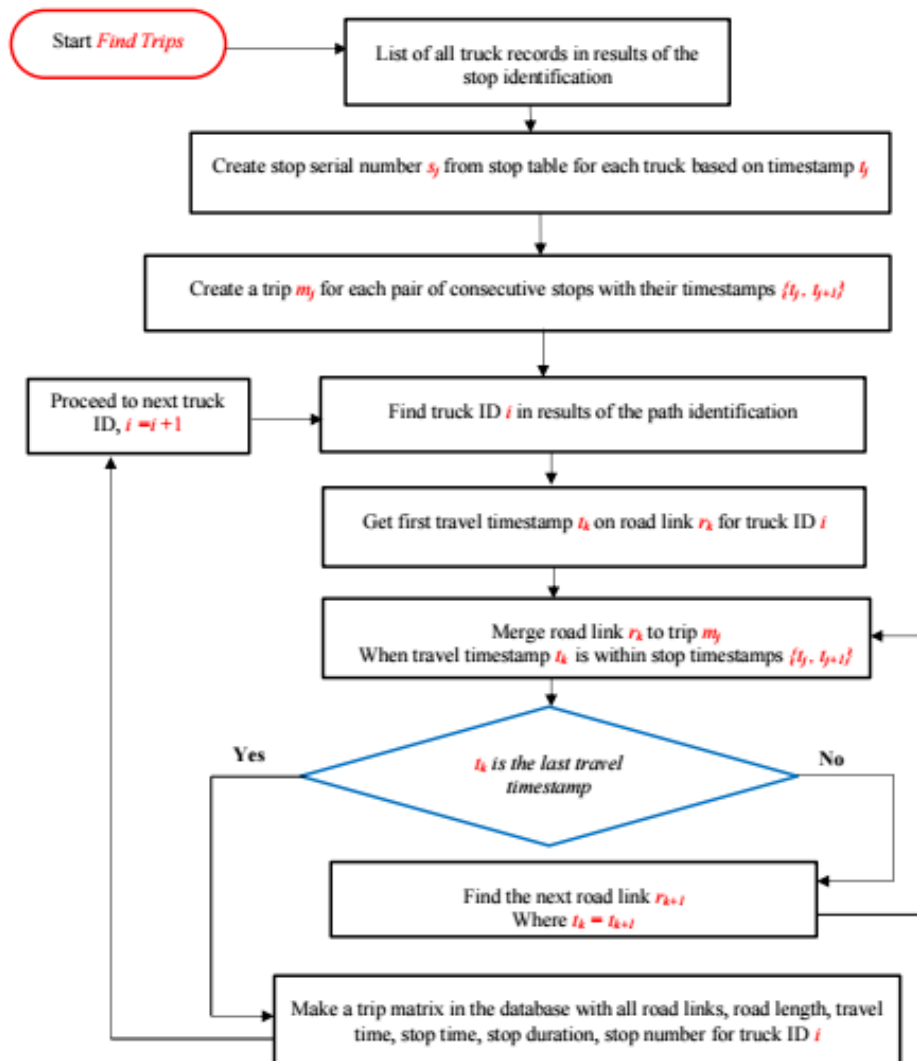
<그림 2-32> 태국 GPS기반 화물자동차 추정교통량과 관측교통량 비교 분포

14. Truck Activity Pattern Classification Using Anonymous Mobile Sensor Data, Akter, T. (2019).

- 설문조사 위주 화물 수요 분석 한계를 극복하기 위해 화물차 GPS 자료를 바탕으로 다양한 분석을 수행함
- 토지이용 정보 결합 방법과 머신러닝 기법, 군집분석을 적용하여 산업별 화물차 운행 특성 분석을 수행함
- 통행거리, 정차시간, 통행시간, 통행일지 상세분석을 수행하여 산업별 운행행태 유형을 구분한 결과, 가정기반 단거리 다중통행, 가정기반 중거리 단순 및 다중통행, 장거리 단순 통행의 세가지 유형에 각각 2가지, 3가지, 1가지의 운행패턴이 나타남
- 통행거리, 정차시간, 통행시간, 통행일지 상세분석을 수행하여 산업별 운행패턴 유형을 구분한 결과, 가정기반 단거리 다중통행, 가정기반 중거리 단순 및 다중통행, 장거리 단순 통행의 세가지 유형에 각각 2가지, 3가지, 1가지의 운행패턴이 나타남
- 토지이용정보와 운행행태 유형을 결합하여 랜덤포레스트 판별분석 방법론을 적용하여 산업별 화물차 운행행태 유형을 구분함

Feature Group	Features	Variable Type
Stop Duration	1. Number of stops less than 30 minutes	Discrete
	2. 30 minutes to 8 hours	
	3. More than 8 hours	
Trip Length	4. Number of trips less than 30 miles	Discrete
	5. 30 miles to 100 miles	
	6. More than 100 miles	
Trip Duration	7. Number of trips less than 1 hour	Discrete
	8. 1 hour to 4 hours	
	9. More than 4 hours	
Time of Day (TOD)	10. Proportion of daytime stops (6 AM to 6 PM) to all stops	Continuous
	11. Proportion of nighttime stops (12 AM to 6 AM and 6 PM to 12 AM) to all stops	
Daily Stop	12. Total number of stops in a day	Discrete

<그림 2-33> 미국 아칸소주 화물차 운행기록계 자료 활용 화물차 운행 특성 유형 구분



<그림 2-34> 미국 아칸소주 화물차 운행기록계 자료 활용 화물차 통행 구분 알고리즘

Features			Alternative Commodity Groups (Base: Farm Products)				
	Group	Description	Manuf. Goods	Mining Materials	Chemicals	Misc. Mixed	Pass- Through
Stop Duration	Short break	Less than 30 minutes	2.48***	1.77***	3.64***	4.17***	2.13***
	Pickup/ delivery	30 minutes to 8 hours	2.28***	1.93***	3.33***	3.79***	2.05***
	Long rest break	More than 8 hours	2.43***	2.31***	5.51***	4.03***	1.19
Trip Length	Short-trip length	Less than 30 miles	-0.98***	-0.94***	-4.40***	-1.49***	-1.10**
	Medium-trip length	30 miles to 100 miles	-1.20***	-0.76***	-3.43***	-1.85***	-1.83***
	Long-trip length	More than 100 miles	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Trip Duration	Short-trip duration	Less than 1 hour	-1.70***	-0.93**	0.82	-2.64***	-1.25
	Medium-trip duration	1 hour to 4 hours	-1.57***	-0.97**	-1.37***	-2.83***	-1.89***
	Long-trip duration	More than 4 hours	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOD	Daytime hours	6 AM to 6 PM	0.92***	-0.60***	2.67***	2.18***	-0.18
Daily Stop	Total Stops	Total number of stops in a day	0.03***	0.01***	-0.02*	0.02***	0.04***
Constant			0.32	-0.88***	-6.77***	-4.63***	-1.42***

***significant at 99% confidence level; **significant at 95% confidence level; *significant at 90% confidence level

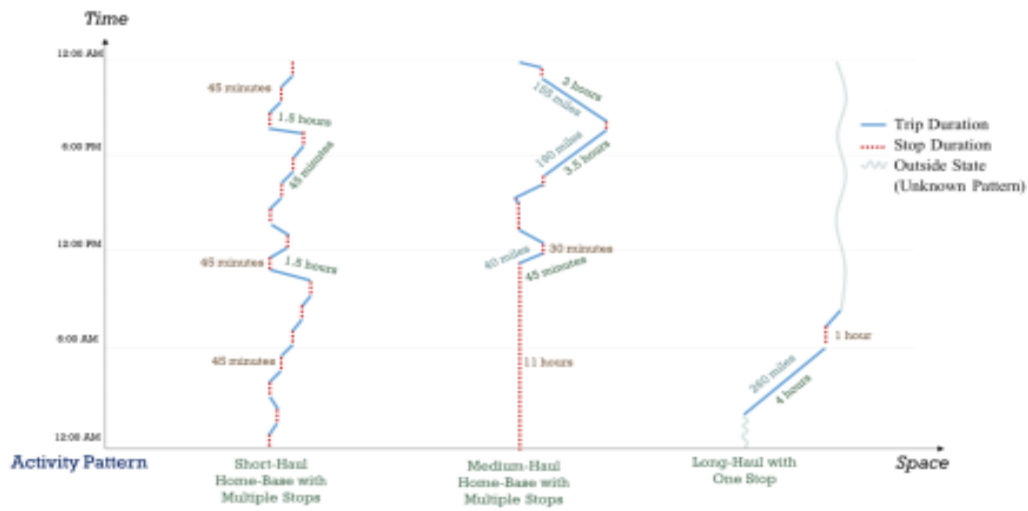
<그림 2-35> 미국 아칸소주 화물차 운행기록계 자료 활용 화물차 품목별 통행 특성 분석 결과

	Features	Activity Pattern 1	Activity Pattern 2	Activity Pattern 3	Activity Pattern 4	Activity Pattern 5	Activity Pattern 6
Stop duration	1. Less than 30 minutes	2 (7.7)	1 (1.5)	0 (0.6)	1 (2.3)	1 (0.7)	1 (1.4)
	2. 30 minutes to 8 hours	3 (5.9)	1 (2.1)	0 (0.5)	1 (1.3)	1 (0.5)	1 (0.8)
	3. More than 8 hours	1 (0.3)	1 (0.4)	1 (0.0)	1 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Trip length	4. Less than 30 miles	3 (14.9)	1 (3.0)	0 (1.0)	1 (4.3)	0 (0.8)	1 (1.8)
	5. 30 to 100 miles	2 (2.9)	1 (1.1)	0 (0.5)	1 (0.8)	0 (0.3)	0 (0.5)
	6. More than 100 miles	1 (1.1)	1 (0.8)	1 (0.4)	1 (0.5)	1 (0.3)	1 (0.4)
Trip duration	7. Less than 1 hour	4 (15.6)	1 (3.3)	1 (1.2)	1 (4.5)	0 (0.9)	1 (2.0)
	8. 1 to 4 hours	2 (2.2)	1 (1.3)	1 (0.6)	1 (0.9)	1 (0.5)	1 (0.6)
	9. More than 4 hours	0 (0.3)	0 (0.4)	0 (0.3)	0 (0.3)	0 (0.3)	0 (0.2)
TOD	10. Day proportion	0.72 (0.01)	0.45 (0.01)	0.00 (0.00)	1.00 (0.00)	0.00 (0.00)	1.00 (0.00)
	11. Night proportion	0.28 (0.01)	0.55 (0.01)	1.00 (0.00)	0.00 (0.00)	1.00 (0.00)	0.00 (0.00)
Percentage of trucks within each activity pattern cluster		9%	11%	14%	20%	14%	32%
Note: The variance of the feature within the samples in the cluster is shown in parenthesis.							

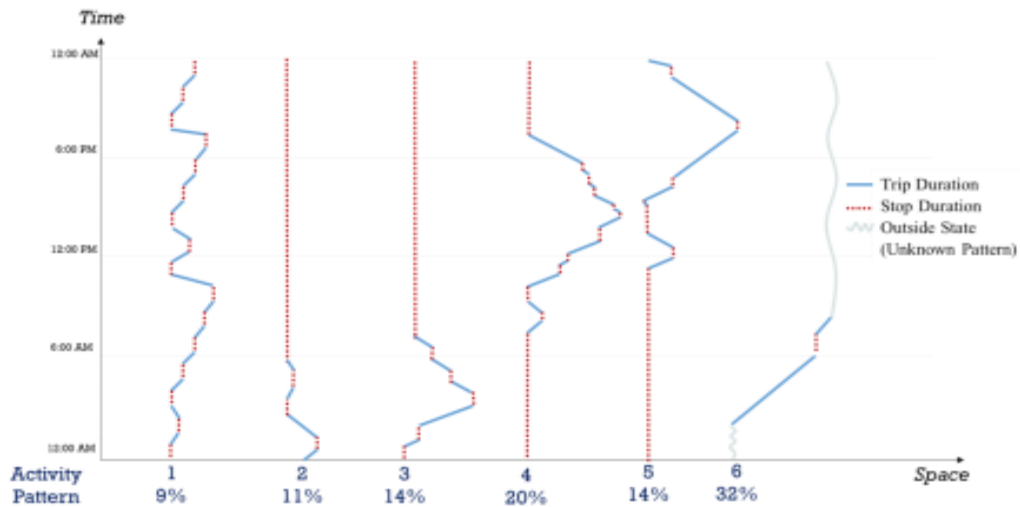
<그림 2-36> 미국 아칸소주 화물차 운행기록계 자료 활용 화물차 통행행태 군집분석 결과

Activity Pattern	Category Name	Category Description
Activity Pattern 1 Activity Pattern 2	Short-Haul Home-Base with Multiple Stops	Trucks have multiple stops followed by multiple short trips and return to home-base within a day
Activity Pattern 3 Activity Pattern 4 Activity Pattern 5	Medium-Haul Home-Base with One/ Multiple Stops	Trucks have one/multiple stops followed by one/multiple medium trips and return to home-base within a day
Activity Pattern 6	Long-Haul with One Stop	Trucks have one (or two) stop followed by one long trip and not return to home-base within a day

<그림 2-37> 미국 아칸소주 화물차 운행기록계 자료 활용 화물차 통행 행태 분류 결과



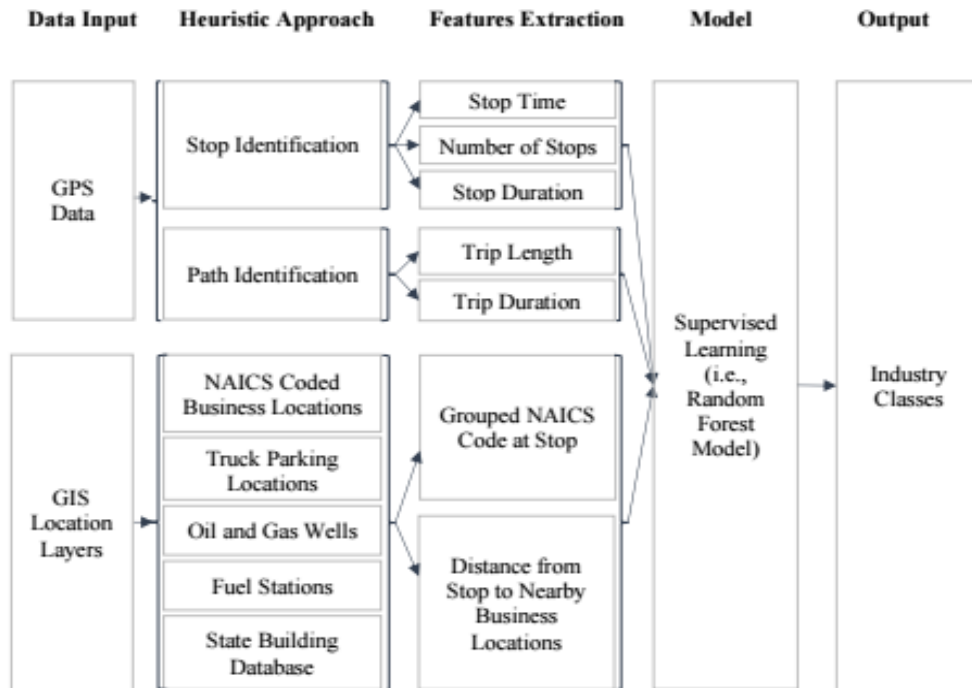
(a) Examples of activity pattern types



(b) Activity pattern examples for six clusters

Figure 2.2 Daily activity patterns of freight trucks

<그림 2-38> 미국 아칸소주 화물차 운행기록계 자료 활용 화물차 일별 통행행태 분류 결과



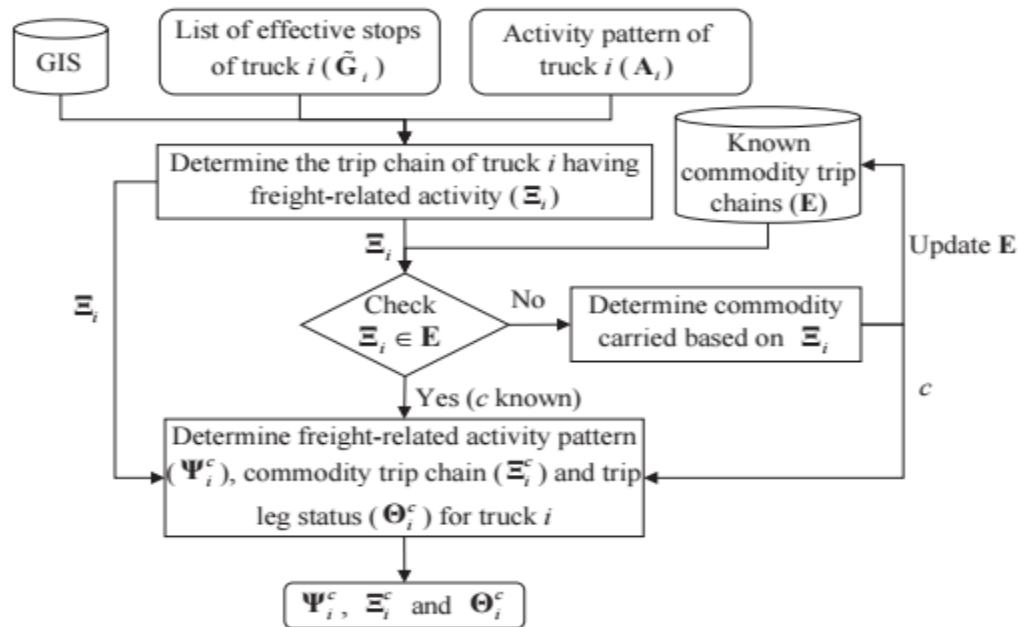
<그림 2-39> 미국 아칸소주 화물차 운행기록계 자료 활용 화물차 산업별 통행행태 분류 방법

15. Statistical estimation of freight activity analytics from Global Positioning System data of trucks, Siripirote, T., Sumalee, A., & Ho, H. W. (2020).

- 화물차 GPS 자료를 활용한 화물차 통행 패턴 통계학적으로 접근하여 분석을 수행함
- 화물차 정차 위치 및 토지이용 정보를 활용하여 품목 구분을 수행하였으며, 품목별 운행 행태를 비교 분석하였음
- 화물차 GPS 자료 전처리 과정을 수행하였으며, 기본 전제하에 통행의 기준을 마련하였으며 4가지 방법론을 통해 운행 행태 분석과정을 거쳤음
- 기 연구에서 제시한 정차시간과 정차 거리를 결합한 방법이 통행기준 정립 방법론이 상대적으로 우수한 결과를 보였으며, GPS자료와 설문조사 자료를 결합하여 운행행태를 분석하는 것이 추정결과의 정확도를 높이는데 우수한 것으로 분석되어짐

Studies	Quantities/information used ^{1,2}	Quantities estimated/classified	Methods
Joubert and Axhausen (2011)	- Activity duration	Classify: Depot stop and delivery/service stop	Rule-based heuristic
Yang et al. (2014)	- Duration of stop - Distance from city centre - Distance from closest major bottleneck	Classify: Delivery and non-delivery activity	SVM ³
Hess et al. (2015)	- Stop duration - Distance from POI ⁴	Classify: Delivery/pick-up stop and rest stop	Rule-based heuristic
Gong et al. (2015)	- Stop duration - Average distance from centroids of GPS clusters - Distances from home and workplace	Classify: Activity stop and non-activity stop	SVM
Aziz et al. (2016)	- Stop start time distribution - Stop duration distribution	Classify: Toll pay, gas refill, meal, rest and mixed activities	K-mean clustering
Gingerich et al. (2016)	- Duration of stop- Diversity of carrier	Classify: Loading/unloading and other activities	Entropy approach
Sarti et al. (2017)	- Stop features (e.g., stop duration) - POIs around stops from GIS ⁵ - Stop cluster features (e.g., avg/min/max stop duration) - Tour-related features	Classify: Work and non-work stop	RF ⁶
This study	- Duration of stop - Distance of stop from the nearest road	Classify: Loading/unloading and rest stop Estimate: Characteristics of activities Estimate: Commodities carried	Maximum-likelihood estimation approach

<그림 2-40> GPS 자료 활용 화물차 활동 분석 추정 기존 연구 고찰



<그림 2-41> 태국 GPS 자료 활용 품목별 화물차 활동 분석 과정

Different activity estimation methods	Percentage errors
Cut-off method <i>Based on dwell time (10 ~ 600 min)</i>	At a minimum of 26% at 250 min dwell time
Cut-off method <i>Based on distance from the nearest road to stop points (10 ~ 500 m)</i>	40% ~ 55%
Support vector machine method <i>Based on both dwell time and stop distance</i>	40%
Proposed statistical method <i>Based on both dwell time and stop distance</i>	15%

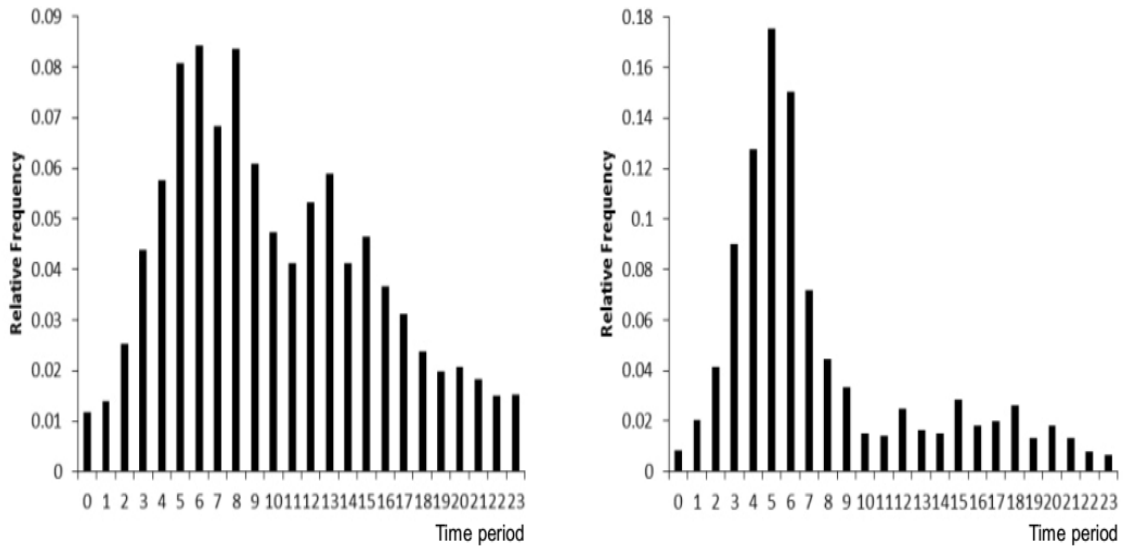
<그림 2-42> 태국 GPS 자료 활용 화물차 활동 분석 방법론 기준 비교

	Commodities						
	Rice	Sugar	Paper	Animal feed	Alcoholic beverage	Petrol	Mixed concrete
No. of trucks observed	1,938	882	146	72	302	202	313
Trip chains completed within 3 days	75%	70%	94%	99%	91%	71%	99%
Average trip leg distances (km)	95	140	64	56	108	64	9
Ratio load/unload trip distances (per day)	1.42	1.42	0.81	1.25	1.02	1.58	1.01
Ratio load/unload trips (per day)	1.63	1.13	0.85	1.11	1.06	1.41	1.01
Number of different trip chains	14	12	10	6	11	12	4

<그림 2-43> 태국 GPS 자료 활용 7가지 품목별 화물차 통행 특성

16. Tour Pattern Choice Modelling and Simulation of Freight Trucks in the Tokyo Metropolitan Area. Oka, H., Fukuda, D., & Shinohara, T. (2020)

- 도쿄 대도시권 화물차 운행 선택행태를 계량경제 모형을 통해 추정함
- GPS 자료를 통해 출발 및 도착시간, 운행횟수, 투어형태 등의 운행정보 관련 변수 자료를 구축하고, 인구, 거리, 도로속성, 토지이용 등의 추가 변수를 활용하여 로짓 모형 활용하여 모형을 추정함
- 모형 추정결과 혼잡통행료 징수 시간대에 민감하게 반응하는 것으로 나타났으며, 향후 관련 정책 적용시 참고자료로 제안함



<그림 2-44> 일본 도쿄 화물차 통행 및 투어 출발시간 분포 특성

Explanatory variable	Parameter	t-value
Time	-1.0591	-21.36
Population	0.5974	4.74
Distance to Inter-Change	-0.1378	-3.48
Wide road length	0.2234	3.69
Total road length	0.5955	7.44
Land price	-1.5301	-5.71
Residential area ratio	-0.6350	-10.14
Commercial area ratio	-1.0364	-10.11
Area of logistic facilities	0.1930	7.81
Return dummy	0.7140	12.66
Number of tour observations	746	
Final log-likelihood	-57,706	

<그림 2-45> 일본 도쿄 화물차 투어 행태 선택 모형 추정 결과

17. Weight-categorized truck flow estimation: A data-fusion approach and a Florida case study, Zhao, D., et al.(2020).

- 화물차 적재능력별 관측교통량과 GPS 자료를 활용한 기종점통행량과 적재 및 공차 통행 적재톤수 등의 자료를 활용해 화물자동차 적재능력별 기종점통행량을 구축함
- 플로리다 주의 링크별 적재능력별 집계단위로 수집한 화물자동차 교통량 자료, GPS 기반 적재능력별 화물자동차 기종점통행량을 통행배정한 후 관측교통량과 비교 검토한 비율 자료, 적재능력별 물동량 기종점통행량과 적재 및 통차 통행 톤수 자료 및 최적화 파라미터 자료를 통해 관측교통량 기반 기종점통행량을 구축함
- 과거 연구와 달리 관측교통량 자료, GPS자료, 물동량 자료 등을 결합한 적재능력별 적재통행과 공차통행 기종점통행량 자료를 구축할 수 있다는 차별성이 있음

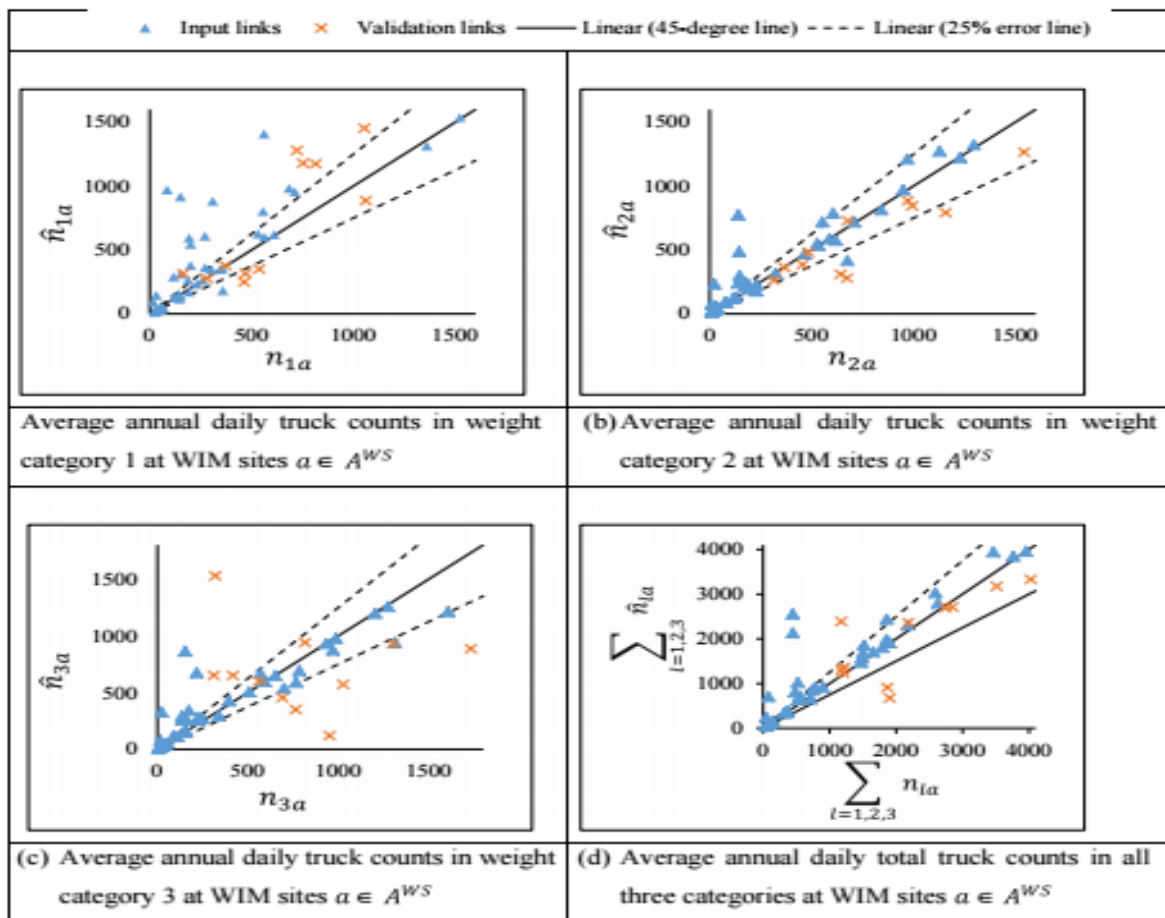


Fig. 5. Observed versus estimated average annual daily link-level truck counts at WIM sites $a \in A^{WS}$.

<그림 2-46> 미국 플로리다주 GPS 자료 활용 화물차 교통량 추정 결과와 관측교통량 비교

제3장 화물차 운행기록계 자료를 활용 화물자동차 기종점통행량 구축방안

제1절 자료 구조 분석

제2절 전처리과정 구축

제3절 분석방법론 정립

제4절 화물차 운행기록계 자료의 유형별
이상치 분석 및 처리방안

제5절 화물 기종점통행량 분석

제3장 화물차 운행기록계 자료를 활용 화물자동차 기종점통행량 구축방안

제1절 자료 구조 분석

1. 자료 구조

- 2019년 10월 한달간의 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료는 특정 차량의 운행기록계 장치에서 발생하는 로그 자료가 초 단위의 순차로 기록되어 있음
 - 초 단위 기록 데이터: 8.75 백억 줄
 - 고유한 자동차 등록 번호 개수: 132,979 대
 - 26개의 항목으로 구성됨

<표 3-1> 영업용화물자동차 운행기록계(DTG) 원시자료 구조

순번	칼럼 코드	한글 이름	예시
1	trip_key	키	C-125901568017101206094700
2	dtg_model	운행기록장치 모델명	XDT1000
3	car_vin	차대번호	XXXXXX301795
4	car_type	자동차 유형	11
5	car_no	자동차 등록번호	-1259015680
6	trans_reg_no	운송사업자 등록번호	XXXXX47349
7	driver_code	운전자 코드	0000001
8	tachmeter_day	일일 주행거리	0000
9	tachmeter	누적 주행거리	0268897
10	speed	차량 속도	000
11	rpm	10분당 엔진회전수	0393
12	break_on	브레이크 신호	0
13	x	차량위치 X	127075626
14	y	차량위치 Y	037052681
15	azimuth	GIS 방위각	000
16	vx	가속도 Vx	+001.0
17	vy	가속도 Vy	+001.0
18	status	통신상태코드	11
19	region_code	운행지역코드	41
20	company_region_code	운수회사소재지코드	44
21	company_code	운수회사코드	XX954
22	datetime	정보 발생 일시	17101206094700
23	load_code	화물구분코드	10
24	load_code2	화물상세코드	078
25	load_weight	적재중량(kg)	16500
26	base_district	사용본거지	충청북도 제천시

2. 자료 주요항목 설명

- 키 (trip_key)
 - 키는 특정 문자 (예시: C), 자동차 등록번호, 정보 발생 일시를 단순 결합한 형태로 만들어져 있음
 - 예시: 자동차 등록번호가 -1259015680 이고 정보 발생 일시가 17101206094700 인 경우 키는 C-125901568017101206094700 가 됨
- 차대번호 (car_vin)
 - 차량식별번호를 나타냄
 - 뒤 6자리를 제외한 나머지 부분이 X 문자로 대체되어 있음
 - 화물차 운행기록계 로그 자료에 차대번호가 비어있는 경우가 있음
- 자동차 유형 (car_type)
 - 자동차 유형을 숫자로 나타냄
 - 2017년 10월 화물차 운행기록계 자료 기준으로 0, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 21, 22, 31, 32, 41 중 하나의 숫자가 기록됨
 - 자동차 유형의 분포는 11, 16, 21, 31 의 코드를 가진 차량이 전체의 85% 이상을 차지함
 - 이번 과업에서는 31, 32 코드를 가지는 자동차 유형만 사용함
- 자동차 등록번호 (car_no)
 - 자동차를 식별할 수 있는 코드 중 유일하게 비어있는 경우가 없음
 - 실제 자동차 등록번호와 일치하지는 않으며, 암호화 또는 해시(Hash)화 되어 있는 것으로 추정됨
 - 원시 자료 전처리를 할 때, 자동차를 식별하는 기본 키(primary key)로 사용함
- 운전자 코드 (driver_code)
 - 화물차 운행기록계 자료 입력 당시 운전자를 특정할 수 있는 코드로 예상됨
 - 일정하지 않은 비정형의 문자와 숫자의 조합으로 저장되어 있음 (예시: 0000001, D000001 등)

- 일일 주행거리 (tachmeter_day)
 - 차량의 당일 주행 거리
 - 장비 오류 등의 이유로 인해 주행거리에 값이 없는 경우가 많음
 - 주행거리를 측정할 수 없는 경우 숫자 대신 ZZZZZZZ 문자열이 기록되어 있음
- 차량 위치 X (x)
 - 화물차 운행기록계 장비의 작동 시작 이후 GPS를 통해 측정된 차량위치를 저장한 데이터
 - 9자리의 숫자로 저장되어 있으며, 해당 값을 10^6 으로 나누면 경위도 좌표계(Geodetic longitude and latitude)의 경도에 해당하는 값이 계산됨
 - 예시: 원시 자료 값이 "127075626" 인 경우 127.075626° 에 해당함
 - 위치를 측정하지 못한 경우 "0" 또는 "127000000" 등으로 기록되며 오류를 처리하는 방법은 화물차 운행기록계 장비 제조사에 따라 상이함
- 차량 위치 Y (y)
 - 화물차 운행기록계 장비의 작동 시작 이후 GPS를 통해 측정된 차량위치를 저장한 데이터
 - 9자리의 숫자로 저장되어 있으며, 해당 값을 10^6 으로 나누면 경위도 좌표계의 위도에 해당하는 값이 계산됨
 - 예시: 원시 자료 값이 "037052681" 인 경우, 37.052681° 에 해당함
 - 위치를 측정하지 못한 경우 "0" 또는 "37000000" 등으로 기록되며 오류를 처리하는 방법은 화물차 운행기록계 장비 제조사에 따라 상이함
- 운행지역코드 (region_code)
 - 차량 위치 X, 차량 위치 Y를 바탕으로 화물차 운행기록계 기기 자체적으로 분석한 차량의 현재 위치를 코드로 나타낸 것
 - 0, 11, 26, 27, 28, 29, 31, 36, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 50 중 하나의 숫자가 기록됨
 - 위치를 검출하지 못한 경우 0으로 기록됨

<표 3-2> 화물자동차 운행기록계(DTG)의 운행지역 코드

코드	지역명
11	서울
26	부산
27	대구
28	인천
29	광주
31	대전
36	울산
41	세종
42	경기
43	강원
44	충북
45	충남
46	전북
47	경북
48	경남
50	제주

제2절 전처리과정 구축

1. 자료 전처리 필요성

- 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료는 시간 순서대로 텍스트 파일 형태로 기록되어 있음
- 이를 처리하기 위해서는 순차적으로 데이터를 처리해야 하며 이는 비효율적임
- 월별 DTG tar 파일 하나는 압축된 형태이며, 그 크기는 1.1 테라바이트 (Terabyte)⁵⁾ 임
 - 기본적인 통계 분석을 하기 위해서는 하나의 파일 데이터 전체를 컴퓨터의 메모리에 넣을 수 있어야 하지만, 일반적으로 사용되는 컴퓨터 환경에서는 메모리 공간의 한계로 인하여 테라바이트가 넘는 양의 정보를 컴퓨터의 메모리에 넣을 수 없음
- 자료를 그대로 분석하기 불편함
 - 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료는 여러 개의 묶음 또는 압축 파일 형태로 나누어져 있음
 - 이 파일들 모두에 대해 묶음 해제 또는 압축 해제를 할 경우, 추가적인 저장공간이 필요함 (7-8 테라바이트의 공간이 필요함)
 - 묶음을 해제하고 압축 해제하는 데 많은 시간이 소요됨
- 일반적인 방법으로 분석하기 곤란할 정도의 많은 텍스트 로그가 있음
 - 텍스트 로그를 전처리 없이 컴퓨터의 메모리에 불러 간단한 처리를 하는 프로그램을 만들어 고성능 데스크탑 컴퓨터에서 순차적인 연산을 하면, 연산하는 데 3.4 개월의 시간이 걸리는 것으로 예상함⁶⁾
 - 적정 시간 내로 통계적 분석을 하기 위해서는 자료 전처리를 통해 로그 데이터를 정규화⁷⁾할 필요가 있음

5) 컴퓨터 데이터 자료량 단위. 1 테라바이트 = 1,024 기가바이트 = 1,048,576 메가바이트

6) 프로세서 Intel Core i5 3.2GHz, 메모리 16GB, SATA3 하드디스크 장비에서 샘플 데이터를 테스트해 본 결과를 바탕으로 추정함 (초당 평균 10,000 줄을 처리할 수 있는 환경)

7) 데이터베이스 설계에서 데이터를 구조화 하는 프로세스를 일컬음

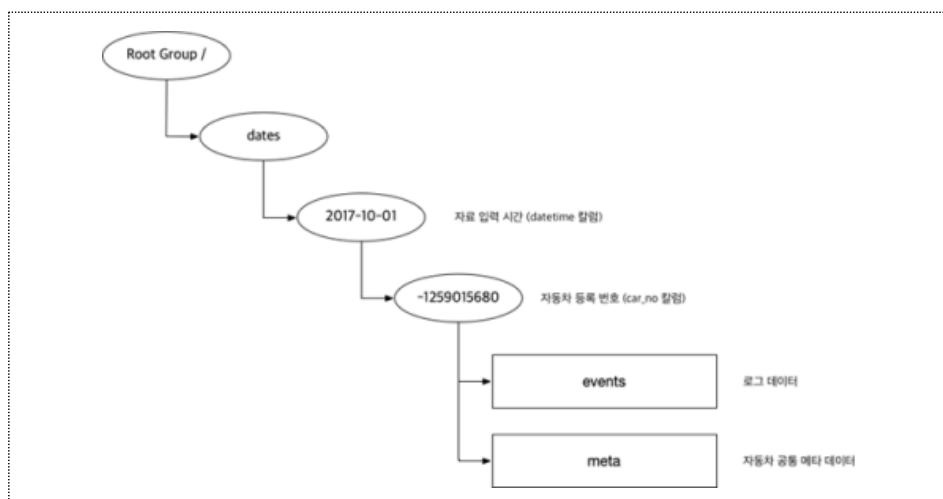
2. 자료 전처리 기법

1) HDF5 변환 프로그램

- 순차적으로 텍스트 데이터를 처리하는 것은 매우 비효율적임. 따라서 이번 프로젝트에서는 텍스트 데이터를 HDF5 포맷으로 변환함
- HDF5 변환 프로그램을 파이썬 프로그래밍 언어로 영업용화물자동차 운행거리 기록계 데이터를 처리하여 변환하는 모듈을 개발
- 영업용화물자동차 운행거리 기록계 데이터는 여러 개의 내부 파일들을 묶어 놓은 형태로 저장되어 있으며, 이 개개 파일들의 압축을 풀지 않고, 스트림 형태로 데이터를 바로 받아서 처리하는 소프트웨어를 개발
- 압축을 풀고 처리하는 것에 비해, 저장공간을 효율적으로 관리하며 전체적인 전처리 연산 시간을 상당히 줄일 수 있음

2) HDF5 파일 저장 구조

- HDF5 파일의 그룹 기능을 이용하여 날짜와 자동차를 기준으로 구조적으로 나누어 트리구조로 저장함
- 그룹은 순차적으로 루트 → 날짜 → 자동차 번호 순으로 저장이 됨
- 트리 구조로 저장하는 이유는 비정형적인 자료는 쿼리 속도가 느리며 검색 및 정렬에 많은 시간이 필요하기 때문임. 자료를 나눌 수 있는 최대 단위로 (여기서는 날짜, 자동차 번호 조합) 나누어 저장함으로써 쿼리 속도를 높일 수 있음

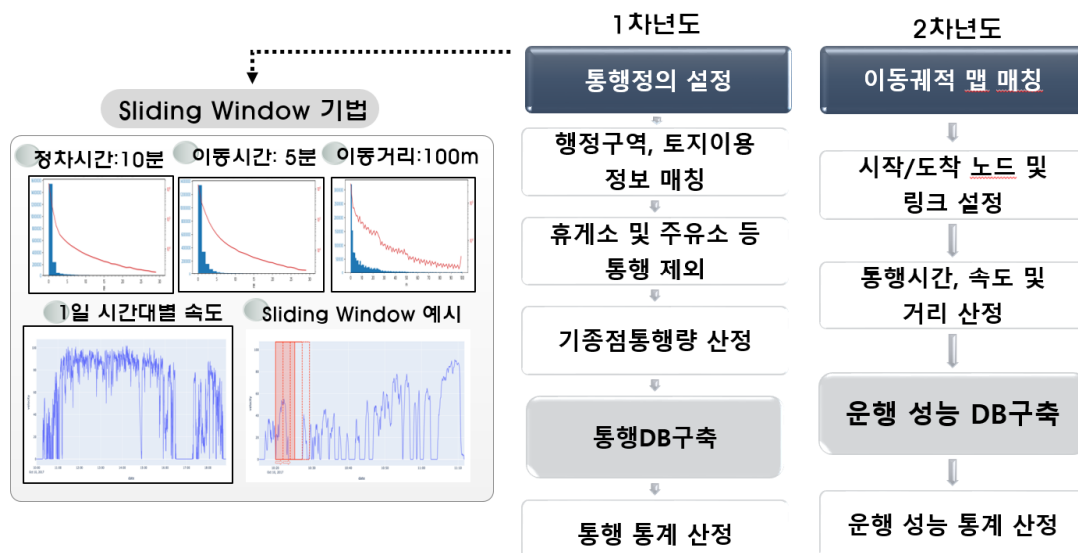


<그림 3-1> HDF5 저장 구조 스키마(트리 구조 형태의 파일 저장)

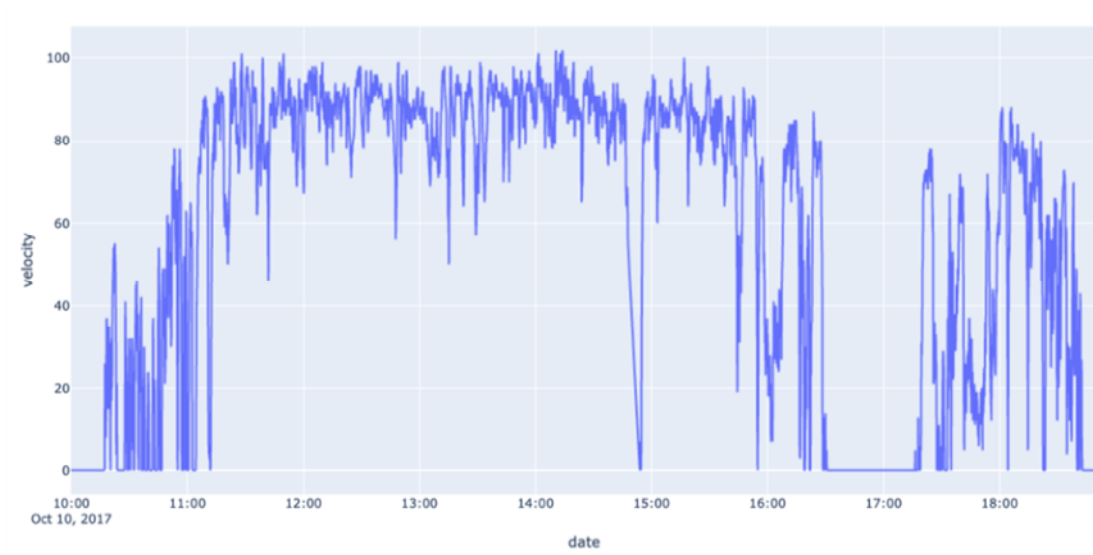
제3절 분석 방법론 정립

1. 영업용화물자동차 운행거리 기록계 통행 분석방법론

- 화물차 운행기록계 자료에서 기록 시간과 자동차의 속도 정보는 세밀도가 높고, 속도의 오르내림이 빈번함
- 특히 속도 변동의 폭이 큰 경우, 짧은 시간 내에서도 속도가 여러 차례 영(0)이 되는 것으로 나타나고 있으며 이는 교통 자료의 특성상, 정지신호 등 교통상황에 따라 차량이 간헐적으로 정지하거나 화물차 운행기록계 장비의 오류에 따른 것임을 예상할 수 있음
- 이러한 일시적인 정지를 정차로 보고 통행을 결정하는 것은 불합리함
- 따라서 윈도우 (일정한 시간 구간) 내의 움직임을 분석하여 이동 또는 정지임을 판단하고 (이동 판단), 이러한 이동이 정해진 시간 이상 지속될 경우 (최소 이동 시간) 통행이 시작되었다고 판단하고, 정해진 시간 이상 지속하지 않을 경우 통행이 끝났다고 판단하는 방법을 사용함



<그림 3-2> 영업용화물자동차 운행거리 기록계자료를 활용한 기종점통행량 구축방안



<그림 3-3> 일반적인 차량의 화물차 운행기록계에 기록되어 있는 시간-속도 그래프

2. 전년도 분석방법론의 한계점 및 해결방안

- 위의 알고리즘은 일반적인 운전자의 통행을 분리하기에는 적합하나, 특정 형태를 보이는 통행들의 경우 제대로 추출하기 힘들 수 있음
- 특히 최소 이동 시간 (10분) 미만으로 정차 한 후에 바로 이어서 운전을 시작하는 경우, 통행은 하나로 연결되게 됨
- 편의점 배송 차량이나 컨테이너 셔틀 차량의 경우 정차하는 시간이 5분 정도로 매우 짧은 경우가 발견됨
- 위의 문제점에 해당하는 통행을 찾기 위해 다음의 알고리즘을 사용함
 - 슬라이딩 윈도우 기법으로 추출된 모든 통행에 대해서 각 통행의 출발지와 도착지 사이의 직선거리($D_{eucl.}$)를 측정
 - 통행의 이동 거리($D_{통행}$)를 계산
 - 두 값을 비교하여 다음의 조건식이 만족할 경우 여러 통행이 하나로 합쳐진 이상치로 판단

$$\text{if } D_{통행} > 10 km \text{ and } D_{eucl.} \times 2 < D_{통행}$$

3. 중간 정차 통행 통합분석

가. 중간정차

1) 정의 및 필요성

- 중간정차란 휴식, 주유 등의 이유로 잠시 정차하는 상황을 말함
- 이때, 위의 슬라이딩 윈도우 기법만으로는 추출된 통행에서 운전자의 정차가 통행의 끝인지 아니면 중간정차인지 판단할 수가 없음
- 이를 해결하기 위해 중간 정차가 자주 일어나는 지점을 미리 알고 이 위치에서 통행의 도착과 다음 통행의 출발이 발생할 경우, 중간정차로 판단을 하고, 두 개의 이상의 분리된 통행을 하나의 통행으로 통합하는 작업이 필요함

2) 중간정차 검출 폴리곤

- 중간정차 검출 폴리곤(polygon)이란 중간 정차가 예상되는 도로변 시설물(휴게소, 주유소, 졸음쉼터 등)을 GIS 상에 표현한 다각형 지오메트리(geometry)를 말함
- 여기서 유의할 점은 많은 수의 GIS 특징요소(feature)들에 대해 겹치고 있는지(intersects), 포함하고 있는지(contains)의 여부를 계산하는 데에 많은 시간이 소요됨
- 특히 주유소 중간정차 검출 폴리곤과 같이 지오메트리 크기는 작지만 수가 매우 많은 경우에는 이러한 것들을 점 감지로 검출하는 데 오랜 시간이 걸릴 수가 있음

나. 폴리곤 존(zone) 감지 방법

- 크게 선형 감지 방법, 점 감지 방법 두 가지가 있음
- 선형 감지 방법은 통행의 각 위도, 경도 좌표를 시간순으로 이어서 통행 선을 만들고, 폴리곤 존이 이 선을 통과하는지 검출하는 방법임
- 점 감지 방법은 통행의 특정 위도, 경도 좌표가 폴리곤 존 안에 위치하고 있는지를 판단하는 방법임

1) 선형 감지 특징

- 점 감지와 비교하면 오류가 적음
- 점 감지와 비교하면 연산 속도가 빠름
- 하지만, 출발지나 도착지가 아닌 지나가는 경우에도 감지될 위험이 있음

2) 점 감지 특징

- 좌표에 오류가 있는 경우 감지 오류가 발생함
- 특히 화물차 운행기록계 장비의 경우 시동을 켜거나 끄는 행위를 하는 시점 (통행의 출발지, 도착지에 해당)에 GPS 좌표가 튀는 경우가 많이 발생함. 이때, 점 감지 방법에서는 오차가 발생할 수 있음

다. 점 감지 중간정차 검출 규칙

○ 엄격한(strict) 규칙 적용

엄격한 규칙이란 이전 통행의 도착지와 다음 통행의 출발지가 정확하게 같은 지오메트리에 있어야 함을 의미

하지만, 이전 통행의 도착지와 다음 통행의 출발지가 상당히 떨어진 채로 기록될 경우⁸⁾, 검출에서 제외함

○ 엄격하지 않은 규칙 적용

엄격한 규칙 적용과 다르게 이전 통행의 도착지와 다음 통행의 출발지 중 어느 하나라도 중간정차 지오메트리와 겹치면 검출을 함

주유소와 같이 폴리곤 존의 크기가 작고, 오차가 많을 것으로 예상되는 경우, 엄격하지 않은 규칙을 적용함

○ 출발지 또는 도착지 하나만 검출

위의 엄격하지 않은 규칙과 비슷하게 적용됨

출발지 또는 도착지 중 하나만 선택하여 검출하게 됨

○ 방향을 고려한 검출

통행의 움직이는 방향을 고려한 중간정차 검출이 가능해짐

⁸⁾ 화물차 운행기록계 장비의 오류 또는 후리운전 등의 이유로 운전의 첫 부분 또는 마지막 부분의 GPS 기록에 오차가 생길 때 발생

고속도로 요금소를 통과하는 방향을 고려한 검출 등에 사용 가능

라. 중간정차 검출 지역

1) 중간 정차 검출 폴리곤(Polygon) 생성

- 화물차 운행기록계의 통행 추출 방법은 자동차의 움직임과 정지 상황을 정확하게 판단하여 통행을 추출할 수 있지만, 운전자의 휴식이나 주유 등의 이유로 정차하는 상황은 고려할 수 없음
- 따라서 중간 정차가 자주 일어나는 지점의 좌표를 미리 알고 이 좌표에서 통행의 도착과 다음 통행의 출발이 발생할 경우, 중간 정차로 판단을 하고 두 개의 통행을 하나의 통행으로 줄이는 작업을 수행함
- 다만 GPS의 오차, 중간 정차 지점의 공간적 크기 등의 이유로 정차 지점을 점으로 판단하지 않고 면으로 만들어서 판단해야 할 필요가 있음
- 이 과업에서는 중간 정차 지점을 각 지점별 특성에 맞게 폴리곤 형태로 그림을 그려서 정차 검출 지역을 생성함

2) 중간 정차 검출 폴리곤 생성의 정의

- 중간 정차가 예상되는 도로변 시설물 (휴게소, 주유소, 졸음쉼터 등)을 GIS 상에 폴리곤 등의 형태로 지오메트리(geometry)를 만드는 작업
- 생성된 지오메트리를 이용하여 중간 정차에 따른 분리된 통행을 검출하여 하나의 통행으로 합치는 기능을 구현할 수 있음

3) 중간 정차 시설물의 특징

- 운송 차량의 특성상 중간 정차 지점은 모두 도로변에 있음. 따라서 국가교통정보 표준노드링크 자료⁹⁾를 이용하여 중간 정차 시설물과 가장 가까운 도로 링크를 찾고, 적절한 형태의 폴리곤을 만들 필요가 있음
- 단, 이 폴리곤은 시설물의 특징에 따라 모양과 크기가 결정되어야 함

⁹⁾ <http://its.go.kr/itsinfo/snl.do>

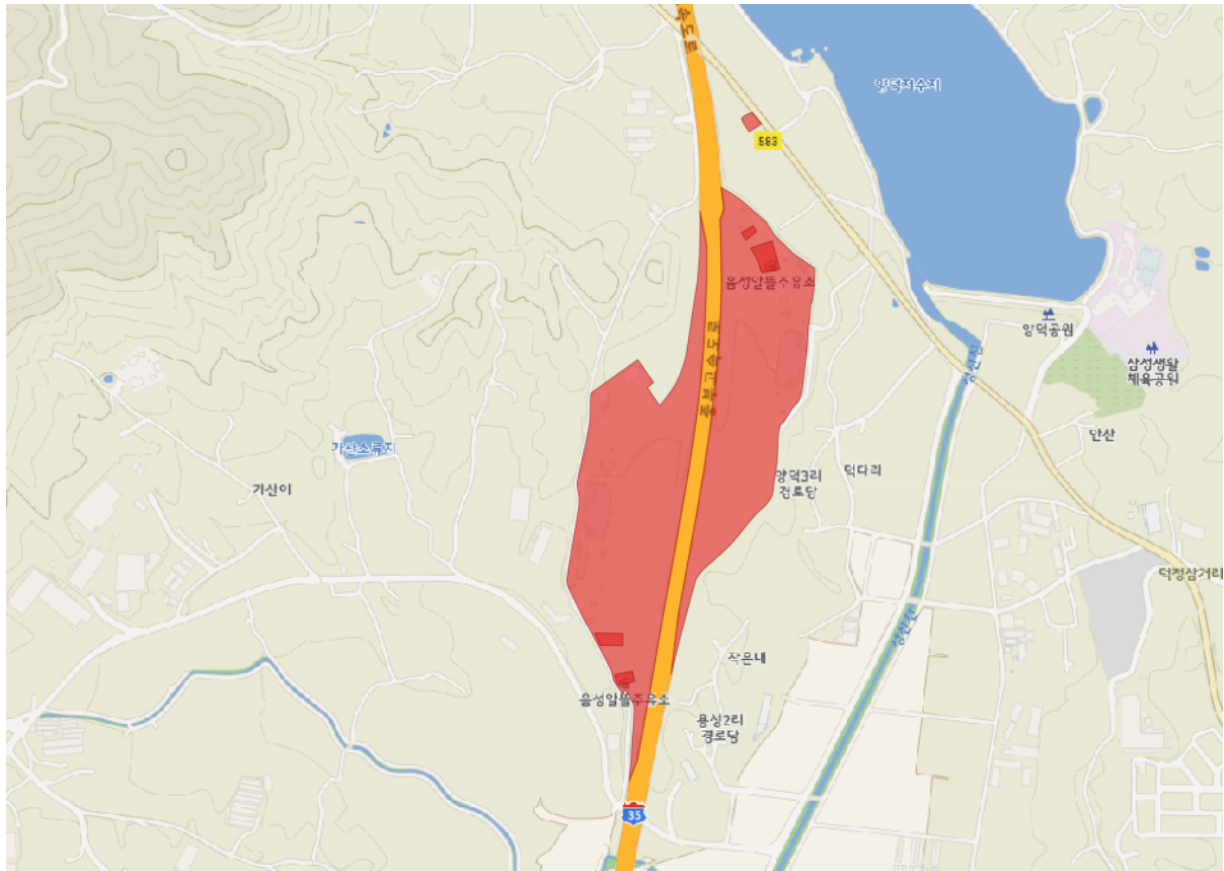
- ### ① 주유소 검출 폴리곤 생성 방법

-

<그림 3-4> 주유소 중간정차 검출 폴리곤 예시 (알뜰삼국주유소)

② 휴게소 검출 폴리곤 생성 방법

- 국토정보지리원에서 제공하고 있는 연속수치지형도 휴게소 데이터를 사용
- 자료 소스: <http://data.nsdi.go.kr/dataset/20180927ds0023>



<그림 3-5> 휴게소 중간정차 검출 폴리곤 예시 (음성휴게소)

③ 줄음쉼터 검출 폴리곤 생성 방법

- 위의 휴게소 검출 폴리곤 생성 방법과 동일한 방법으로 하되, 줄음쉼터 크기가 상대적으로 작으므로 폴리곤을 더 작게 생성함

3. 화물자동차 통행정보를 활용한 맵 매칭

가. 맵 매칭 기법

1) 맵 매칭을 위한 은닉 마르코프 모델

- 은닉 마르코프 모델 (Hidden Markov model)은 마르코프 모델¹⁰⁾의 하나로서 관측될 수 없는 은닉 상태(hidden state)와 관찰 가능한 결과를 구분하는 통계적 모델임
- 은닉 마르코프 모델을 이용하여 문제를 해결한다는 것은 연쇄적으로 일어난 결과들을 관찰하고, 이로 부터 각 관찰 결과로 이어진 은닉 상태를 추정하는 것을 의미함
- 예를 들어, 멀리 떨어진 지역의 날씨(맑음, 비)가 은닉 상태이고 그 지역에 사는 친구의 행동(청소, 산책, 쇼핑)을 매일 관찰하여 날씨를 추정하거나, 카지노에서 던진 주사위의 공정성 여부(공정, 불공정)를 은닉 상태로 하고 주사위를 던질 때마다 그 결과를 관찰하여 당시의 주사위가 정상적인 주사위인지 무게중심이 조작된 주사위인지를 추정하는 등의 방식으로 은닉 마르코프 모델을 이용할 수 있음
- 맵 매칭에서의 은닉 마르코프 모델은 동시에 여러 경로를 가정하여 각 경로가 얼마나 실제 매핑과 유사한지 평가하기 위해 활발히 사용되어 왔고, 이러한 접근 방식이 이상 데이터의 영향을 적게 받으며 측정 데이터의 시간적 밀도가 낮은 경우에도 잘 대처할 수 있음이 알려짐¹¹⁾

① 맵 매칭에서의 관찰 결과

- 맵 매칭에서의 관찰 결과는 자동차 위치를 나타내는 측정값을 의미함
- GPS 데이터와 같이 위도, 경도로 표현되는 것이 일반적임

② 맵 매칭에서의 은닉 상태

10) 미래의 상태가 현재의 상태에 의해 결정될 수 있는 통계 모델. 과거, 현재, 미래 중 미래를 예측하기 위해 과거의 상태를 고려할 필요 없이 현재의 상태만을 고려하면 되는 모델로, 이러한 속성을 마르코프 특성(Markov property)라고 함

11) C. Y. Goh, J. Dauwels, N. Mitrovic, M. T. Asif, A. Oran and P. Jaillet, "Online map-matching based on Hidden Markov model for real-time traffic sensing applications," 2012 15th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Anchorage, AK, 2012, pp. 776-781, doi: 10.1109/ITSC.2012.6338627.

- 맵 매칭 문제의 경우, 은닉 마르코프 모델의 은닉 상태는 실제 도로를 의미함
- 따라서 일반적인 은닉 마르코프 모델을 이용한 추정과 동일하게 은닉 상태들의 시퀀스를 추정함으로써 실제 도로의 나열인 맵 매칭 결과를 추정할 수 있게 됨

나. 맵 매칭에 사용되는 자료: 표준 노드 링크 자료

- 표준 노드 링크 자료는 지능형 교통 체계(ITS) 구축을 위해 국토교통부 국가교통정보센터에서 관리 및 운용됨
- 표준 노드 링크는 호환성 높은 도로 정보의 소통을 위해 도입됨
- 표준 노드는 도로의 시종점, 교차로 등과 같이 차량의 속도 변화가 발생하는 지점임
- 표준 링크는 표준 노드간의 연결이며 실제의 도로와 대응됨
- 이러한 이유로 표준 노드 링크 자료는 그 신뢰성이 높고, 꾸준히 관리될 것을 기대할 수 있음
- 맵 매칭 알고리즘의 핵심적 원리와 성능은 실제적 도로 정보의 공급을 기반으로함
- 신뢰성 높은 표준 노드 및 표준 링크 자료를 이용하여 맵 매칭을 수행함으로써 맵 매칭 결과의 신뢰성 또한 높일 수 있음

다. 맵 매칭의 부가기능

1) GPS 궤적 오류 수정 기능

- 화물차 운행기록계 장비의 특성 상, GPS 좌표에 오차가 있을 수 밖에 없음
- 이 오차에는 건물 숲을 지나거나 터널을 지나는 등의 어쩔수 없이 생기는 오차도 있지만, GPS 기기에서 생기는 기계적인 오차도 있음
- 맵 매칭을 하게되면 오류 수정 가능 범위 내에 있는 오차들을 수정할 수 있게 됨

<표 3-3> 맵 매칭 전 후 궤적 예시 (좌 GPS 궤적, 우 맵매칭 궤적)



2) 도로 이름 표출 기능

- 맵 매칭은 표준 노드 링크 자료에 대입하여 매칭을 진행하게 되며 자료상의 도로 종류를 추출할 수 있음
- 아래 표에서 그림(좌)과 같이 통행을 한 차량에 대해 맵 매칭을 진행을 하게 되면, 아래 표(우)와 같이 사용 도로를 검출할 수 있고, 사용한 도로를 이동한 거리 또한 측정 가능함
- 이 정보를 이용하면, 고속도로 통행 유무 등의 정보를 추가적으로 얻을 수도 있음
- 또한 인터체인지, 사거리 등의 도로 상 시설물 통과 여부를 알 수 있게됨

<표 3-4> 맵 매칭 부가기능: 사용 도로 이름 출력 예시

통행 궤적 예시	순번	도로 이름	도로 종류	이동 거리 (km)
	1	평남로	시.군도	1.2
	2	서동대로	일반국도 (38번)	6.1
	3	오성IC	연결	.
	4	평택화성고속도로	고속도로 (17번)	175.7
	5	서오산JC서측	연결	.
	6	수도권제2순환고속도로	고속도로 (400번)	5.8
	7	수원광명고속도로	고속도로 (17번)	4.5
	8	과천의왕간고속도로	지방도	198.0
	9	과천대로	지방도	2.9
	10	우면산로	지방도	2.8
	11	양재대로	일반국도 (47번)	2.1
	12	양재육교	연결	.
	13	경부고속도로	고속도로 (1번)	6.5
	14	한남IC	연결	.
	15	강남대로	특별.광역시도	0.9
	16	한남대교북측	연결	.

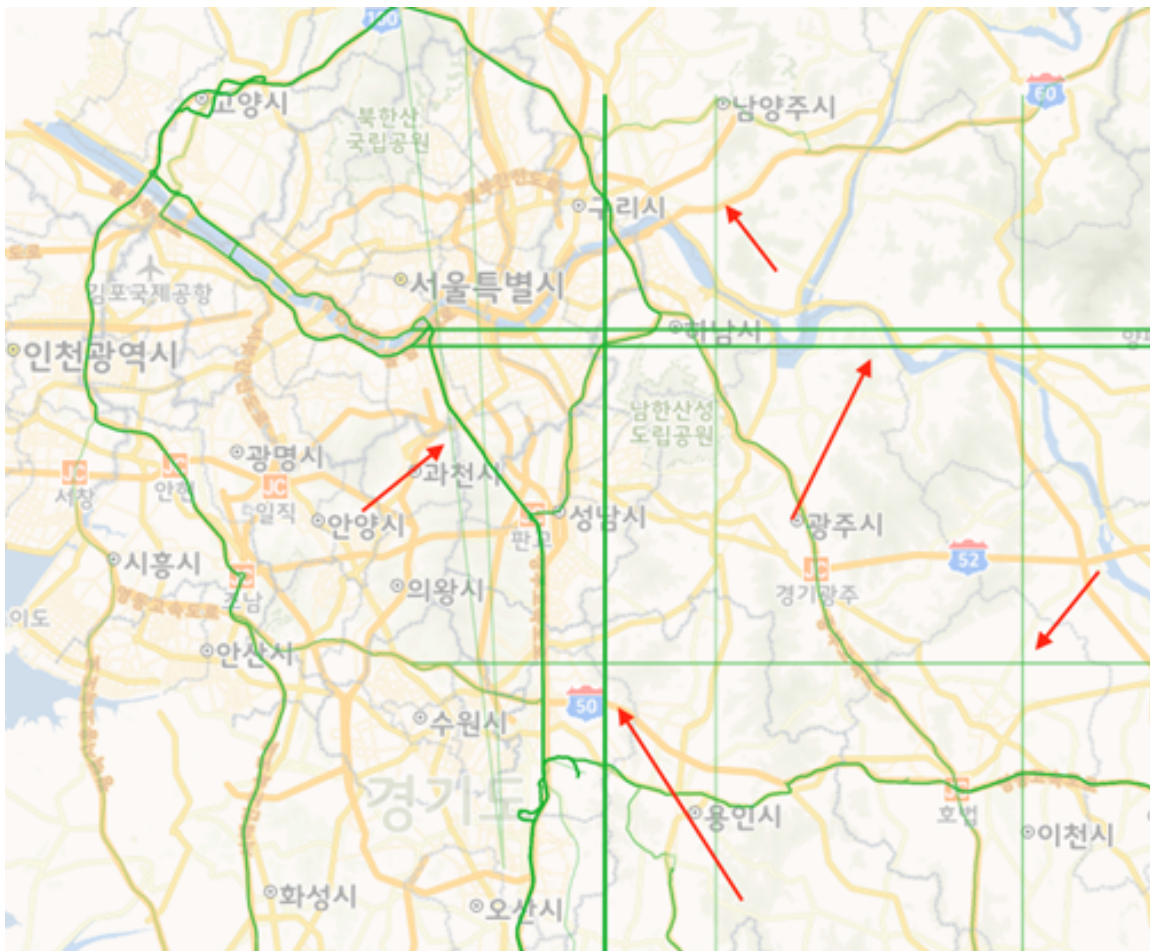
제4절 화물차 운행기록계 자료의 유형별 이상치 분석 및 처리방안

1. 원시자료의 이상치 유형

- ① 다른 차량인데, 자동차 등록번호가 충돌하는 경우
- ② 다른 차량인데, 차대번호가 충돌하는 경우
- ③ 자동차등록번호와 차대번호 조합은 일치하지만 운행기록장치 모델명이 다른 경우
- ④ 자동차 등록번호와 차대번호의 조합은 일치하지만 운수회사코드가 다른 경우
 - 해석1: 5월 2일, 5월 27일 사이에 운수회사가 바뀜
 - 해석2: 운수회사 코드 오류
 - 해석3: 자동차 등록번호, 차대번호가 동시에 해시 충돌
- ⑤ 자동차 등록번호, 차대번호, 운송사업자등록번호 조합은 일치하지만 운수회사코드가 다른 경우
- ⑥ 이상치 대체를 위한 해결 방안
 - 자동차 등록번호, 차대번호 조합을 사용하면 [화물구분코드, 화물상세코드, 적재중량, 사용본거지] 조합과는 충돌이 없음

2. GPS 좌표 이상치

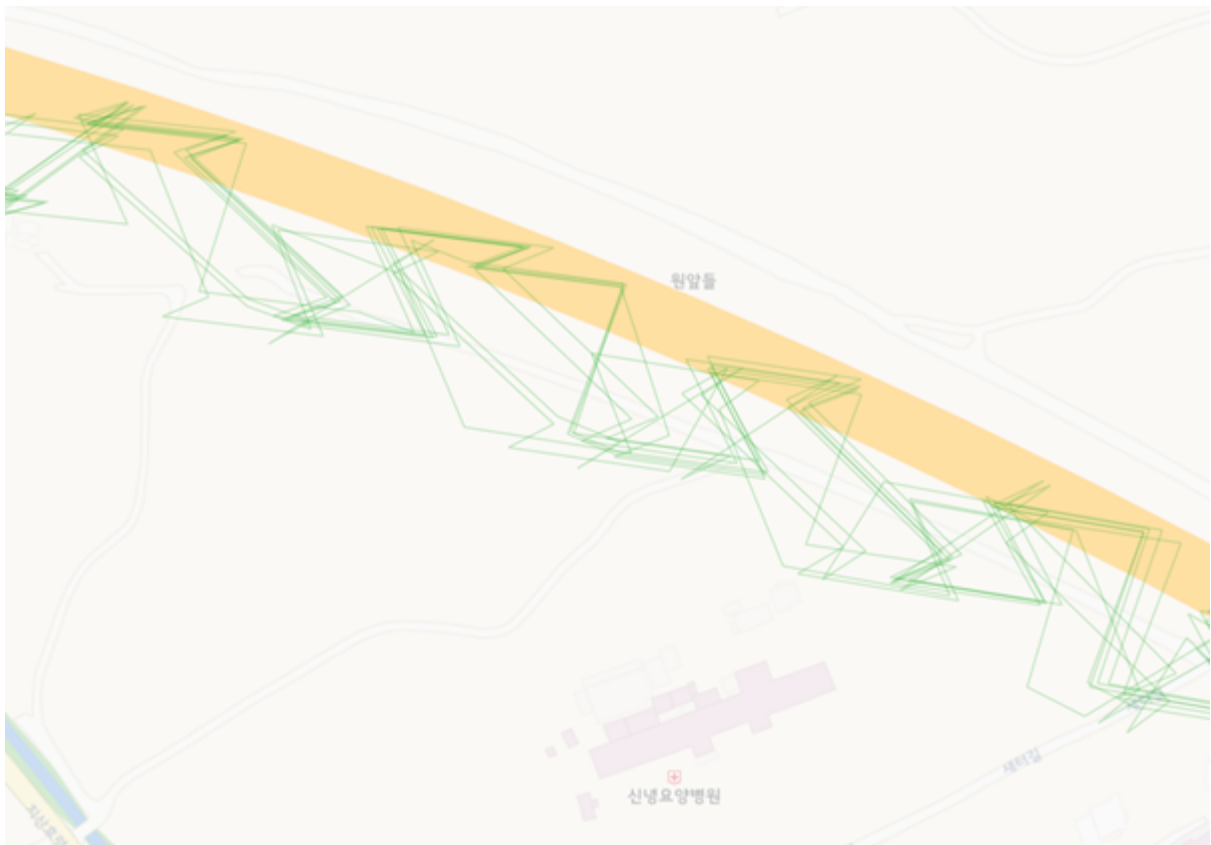
- 1) 화물차 운행기록계 자료 내의 GPS 좌표 자료에 매우 큰 오차가 간헐적으로 발생함
 - 아래의 그림과 같이 스파이크 형태의 오류가 발견됨
 - 발생 이유를 알아내기 위해 지리 정보를 바탕으로 분석을 해 보았지만, 지형적 특성 (터널 진입 등)에 영향을 받은 것은 아닌 것으로 판단됨



<그림 3-6> GPS 궤적에서 발견된 스파이크 형태의 오류 (빨간색 화살표가 가리키는 지점)

2) GPS 궤적에 랜덤이 아닌 오류가 섞임

- 다음 그림과 같이, 다른 시간대에 통과한 자료에 똑같은 패턴의 GPS 노이즈가 발생하고 있음
- 이는 화물차 운행기록계 수집장치가 원시 GPS 데이터 값을 자체적으로 가공하는 과정이 존재하여 이 가공 과정에서 일정한 노이즈가 발생하는 것으로 생각되며, 가공 알고리즘의 오류가 아래와 같은 패턴을 만들어 내는 것으로 추측됨



<그림 3-7> GPS 궤적을 확대한 결과 궤적의 노이즈가 발생하는 모습

3) 화물차 운행기록계 장비에 따라 정확도의 차이가 있음

- 화물차 운행기록계 제조사에 따라 GPS 위치의 오차 범위, 오류 패턴, 오류 발생할 때 기본 위치가 다르게 나타남

4) 데이터 일부가 끊기는 문제

- 운전자가 시동을 갑자기 끄는 경우, 시동을 끄기 전 상당한 시간의 운행 기록이 화물차 운행기록계 장비에 기록되지 않는 오류가 일부 발견됨
- 아래그림에서 운전자는 오른쪽 상단의 지역(ORIG:순창군 지점, 휴게소 위치임)에 정차를 하고 30분 정도 휴식을 취한 것으로 분석됨. 그러나 좌측 하단의 위치(DEST:순창군 지점)에서 화물차 운행기록계 기록이 갑자기 끊김
- 기록된 마지막 부분의 속도가 정상 운행 속도이지만 갑자기 신호가 끊기는 것으로 추측됨
- 이전 통행의 도착 지점(좌측 하단 지점)에서 다음 통행의 출발 지점(우측 상단 지점)의 직선 거리는 대략 800m 정도 됨
- 통행이 갑자기 끊긴 이유는 화물차 운행기록계 장비의 오류라고 판단될 수도 있고, 후리운전으로 판단될 수도 있음



<그림 3-8> 운전자의 휴식시간 이후 GPS 궤적

3. 맵 매칭을 이용한 이상 데이터 처리 방법

1) 이상 데이터 처리

- 맵 매칭과 같이 실제 측정 데이터를 사용하는 기술에 이상 데이터의 처리에 대한 고려가 필요함
- 이상 데이터를 처리함에 있어, 전처리 단계에서 미리 필터링, 스무딩 등을 수행함으로써 이후에 이어지는 알고리즘의 효율을 높일 수도 있으며, noise-tolerant한 알고리즘을 사용하는 경우에는, 알고리즘 자체가 오차를 고려한다 할 수 있으므로 비교적 간단한 전처리만으로도 원하는 결과를 얻을 수 있음
- 은닉 마르코프 모델을 이용한 맵 매칭은 오차가 포함된 관측값의 시퀀스들을 분석하여 가장 확률적으로 타당한 실제 도로를 추정하게 되므로, 그 원리상 오차나 오류와 같은 데이터의 결점들을 처리하는 능력이 있음

① 전처리를 통한 이상 데이터 처리

- 은닉 마르코프 모델은 최적의 도로 경로를 결정함에 있어 여러 경우의 수를 고려하여야 하므로 계산량이 많아지게 됨
- 이러한 부담을 줄이기 위해 측정값 전부에 대해 연산을 수행하지 않고 최소한의 거리 간격을 가지는 측정값들을 선택하는 샘플링을 하는 것이 일반적임
- 이러한 전처리를 함으로써 실제 차량이 이동했을 때의 측정값들을 사용하게 되어 유의미한 데이터의 비중을 늘릴 수 있음
- 특히 한 도로 위에서 비정상적인 유턴이나 맴도는 현상, 지그재그 주행 등을 보여주는 측정값의 경우, 이어질 맵 매칭 알고리즘의 결과에 악영향을 끼치게 되는데, 적절한 샘플링 인터벌을 선택한다면 이러한 현상이 제거되어 알고리즘의 성능을 제고할 수 있음
- 또한 은닉 마르코프 모델의 경우 측정값이 드문드문 있는 경우에도 비교적 잘 작동하므로 이러한 전처리를 사용할 유인이 충분함

② 모델의 자체적인 이상 데이터 처리

- 은닉 마르코프 모델은 도로 간 연결성에 대한 지식을 이용하여, 불확실한 측정값으로부터 최적의 도로 경로를 선택하게 함
- 따라서 차량 위치 측정값을 그대로 사용하였을 경우에 발생하는 비정상적인 주행을 제거한 결과를 도출하게 됨

③ 여러 도로를 넘나드는 형태의 이상 데이터의 경우 데이터 처리

- 측정값 오류로 인하여 여러 개의 도로를 넘나들었다면 전이확률 값이 낮게 계산되어 맵 매칭 알고리즘의 입장에서 가능성이 낮은 경로로 인식됨
- 따라서 이러한 이상 데이터의 영향이 반영된 도로 경로는 알고리즘에 의해 배제되어 최종 결과로 선택될 가능성이 낮음
- 예를 들어, 국도와 고속도로가 나란히 진행되는 구간에서, 측정값이 국도와 고속도로에서 번갈아가며 분포하는 경우를 가정한다면, 측정값의 대권거리가 가까운 반면 실제 도로상 이동거리는 상대적으로 큰 값을 가지게 됨
- 따라서 전이확률은 지수 분포의 오른쪽에 분포하고 있는 낮은 값들과 같은 낮은 확률 값을 가지게 될 것임

④ 은닉 마르코프 모델의 중단(HMM break) - 기타 경험론적 이상 데이터 처리

- 차량 위치 측정값의 시퀀스를 관찰해보면, 긴 구간에 걸쳐 오차가 적은 측정값이 이어지다 짧은 순간 동안 이상치가 존재하는 식의 패턴을 보임
- 만약 이 때의 이상치가 치명적인 것으로 맵 매칭을 곤란하게 할 정도의 것이라면 은닉 마르코프 모델을 중단(HMM Break)하여 맵 매칭 알고리즘이 해당 이상치를 고려하지 않도록 해야함
- HMM break가 발생하는 이상 데이터의 예는 다음과 같음:
 - 차량 위치와 인접한 도로가 없는 경우: 차량이 도로가 아닌 곳에 있거나, 터널이나 교량의 통과로 인해 GPS등 측정장비에서 특별히 높은 오차가 발생할 때 이러한 이상치가 생길 수 있음
 - 비정상적인 경로: 실제 도로상의 이동거리가 측정값 간의 대권거리에 비해 현저히 큰 경우를 의미함. 이 경우 멀리 돌아가는 경로를 생성하게 되고 전이확률이 지나치

게 낮아지게 되므로, 이 경우 가능성이 희박한 경로에 대한 연산을 포기함으로써 맵 매칭 알고리즘의 효율성을 도모할 수 있음

- GPS outliers: 두 측정값 사이에서 유추되는 차량의 속도가 비정상적으로 높거나, 전 단계에서의 속도와 비교했을 때 비정상적으로 급격한 변화가 있었던 경우

⑤ 구체적인 이상치 배제 방법

- 만약 t 번째 측정값과 $t+1$ 번째 측정값에서 상기된 이상치들 중 하나가 발견되었다면 t 번째, $t+1$ 번째 측정값을 제거함
- 이후 $t-1$ 번째 측정값과 $t+2$ 번째 측정값 사이에서 이상치 여부를 검토한 후 그 결과에 따라 맵 매칭을 재개하거나, 측정값들을 제거하고 다음 측정값들로 검토를 계속 진행함
- 만약 이상치가 계속 되어 $t-n$ 번째 측정값과 $t+n+1$ 번째 측정값의 시간차이가 특정 문턱값(threshold)을 넘어가게 된다면, 이 부분에서 측정값의 시퀀스를 분할하여 별도의 맵 매칭을 진행해야 함

2) 이상치 유형과 그 처리 방법

① 한 도로 위에서의 이상 주행(지그재그, 후진 주행)

- 전처리 단계에서 측정데이터를 샘플링함으로써 이러한 유형의 이상 데이터를 제거할 수 있음

② 여러 도로 위에서의 이상 주행(여러 도로를 넘나드는 경우)

- HMM break: 전이확률이 현저히 낮아 문턱값(threshold)을 넘을 경우 해당 이상치를 제거
- 모델 자체적인 처리: 상기 문턱값을 넘지 않더라도 비효율적인 우회를 하는 등의 경로에 해당하므로 낮은 전이확률로 인해 최적의 경로가 될 수 없음

③ 펄스와 같은 급격한 변화

- HMM break: GPS outlier에 해당하여 연산에서 배제됨

④ 측정 장비 구동시의 이상 데이터

- 측정 장비 구동시 이상치가 상대적으로 긴 시간에 걸쳐 계속되는 경우, HMM break로 이어져 연산에서 배제되거나 두 개의 시퀀스로 분할되어 별도의 통행으로 보고 맵 매칭을 진행하게 됨

제5절 화물 기종점통행량 분석

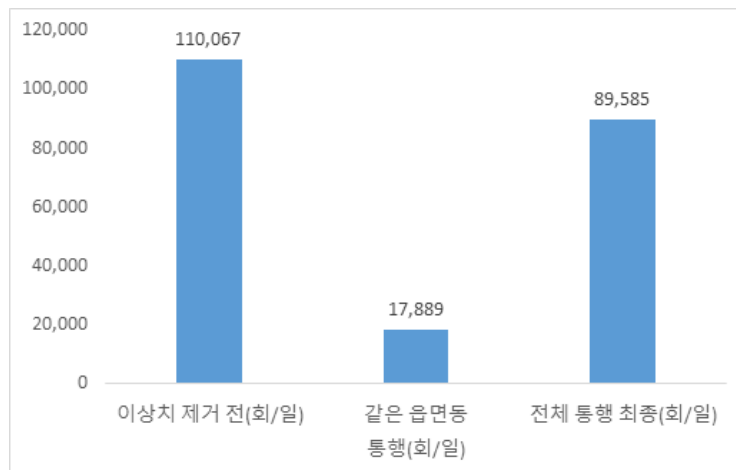
1. 1일통행 분석

가. 총 통행수 및 평균 통행수

- 2019년 10월 23일(수) 기준으로 23,653대 영업용 화물차의 110,067통행 자료를 추출하였으며, 중간정차(주유소, 휴게소 등) 통행을 연결하고 읍면동 내부통행을 제외한 통행 중에서 89,585통행에 대한 분석을 수행함
- 최종분석에서는 영업용화물자동차 운행기록계 자료(이하 DTG자료)의 좌표가 읍면동 GIS에 매칭이 되지 않는 통행은 제외함(향후에 제주도 내륙간 통행은 제외 예정)

<표 3-5> 영업용화물자동차 운행거리 기록계의 통행 추출 결과

구분	분석결과
이상치 제거 전(통행/일)	110,067
읍면동 출발(통행/일)	1,589
읍면동 도착(통행/일)	1,004
같은 읍면동 통행(통행/일)	17,889
전체 통행 최종(통행/일)	89,585
전체 대수 최종(대/일)	23,653



<그림 3-9> 화물차 운행기록계 자료의 통행 추출 결과

나. 통행 발생량 및 도착량

- 영업용 화물차 발생량 및 도착량은 경기도가 35.0%, 35.3%로 가장 많은 비중을 차지하는 것으로 나타남
- 경기도 다음으로 충청남도(발생 9.0%, 도착 8.9%), 경상북도(발생 6.1%, 도착 5.9%) 순으로 나타남
- 서울, 부산, 울산 등의 대도시권은 도착량 대비 발생량이 많은 것으로 나타남

<표 3-6> 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 통행 발생량 및 도착량

단위: 통행/일, %

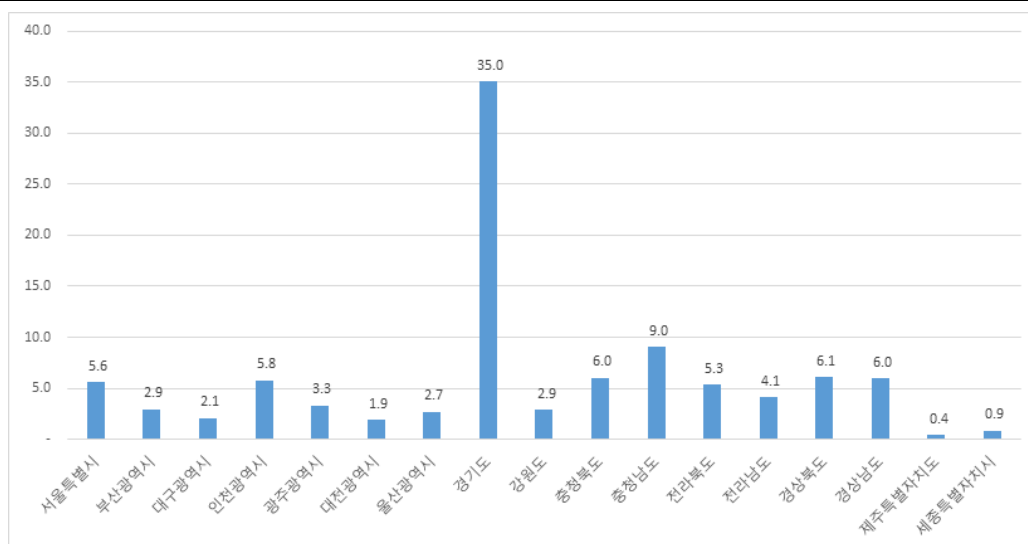
전체	발생량	도착량	발생비	도착비	도착/발생비
서울특별시	5,000	5,041	5.6	5.6	1.01
부산광역시	2,609	2,660	2.9	3.0	1.02
대구광역시	1,851	1,883	2.1	2.1	1.02
인천광역시	5,189	5,225	5.8	5.8	1.01
광주광역시	2,992	2,993	3.3	3.3	1.00
대전광역시	1,711	1,759	1.9	2.0	1.03
울산광역시	2,446	2,485	2.7	2.8	1.02
경기도	31,379	31,596	35.0	35.3	1.01
강원도	2,584	2,555	2.9	2.9	0.99
충청북도	5,372	5,243	6.0	5.9	0.98
충청남도	8,089	7,957	9.0	8.9	0.98
전라북도	4,762	4,704	5.3	5.3	0.99
전라남도	3,666	3,680	4.1	4.1	1.00
경상북도	5,448	5,313	6.1	5.9	0.98
경상남도	5,332	5,312	6.0	5.9	1.00
제주특별자치도	389	393	0.4	0.4	1.01
세종특별자치시	766	786	0.9	0.9	1.03
전국	89,585	89,585	100.0	100.0	1.00

- 영업용 화물차 발생량 및 도착량을 톤급별로 구별하여 분석한 결과 지역별로 차이점을 보임
- 가장 발생량이 높은 경기도 다음으로 보았을 때, 소형 화물차의 경우 서울시가 12.46%로 발생량이 높았으며, 중형화물차 및 대형화물차의 경우 충청남도가 그 다음으로 높게 나타남
- 전반적으로 소형차량의 경우 도시권의 발생량이 비율이 높은 것으로 보임

<표 3-7> 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 시도별 톤급별 발생량 비율

단위: %

구분	전체	소형	중형	대형
서울특별시	5.58	12.46	4.94	1.78
부산광역시	2.91	3.06	2.13	3.68
대구광역시	2.07	3.05	1.97	1.52
인천광역시	5.79	5.74	5.06	6.64
광주광역시	3.34	3.27	4.49	2.11
대전광역시	1.91	2.58	1.54	1.88
울산광역시	2.73	1.18	2.17	4.37
경기도	35.03	39.33	39.46	27.29
강원도	2.88	3.26	2.61	2.95
충청북도	6.00	4.31	6.07	7.03
충청남도	9.03	5.34	9.91	10.47
전라북도	5.32	2.66	5.10	7.30
전라남도	4.09	2.51	3.19	6.14
경상북도	6.08	3.84	4.92	8.84
경상남도	5.95	5.51	5.38	6.88
제주특별자치도	0.43	0.85	0.42	0.18
세종특별자치시	0.86	1.05	0.65	0.95



<그림 3-10> 화물차 운행기록계 자료의 시도별 화물차 발생량 비율(%)

다. 시도 내부통행 비율

- 시도 기준 전체 89,585통행 중에서 내부통행은 55,887통행으로 62.4%로 나타남
- 내부통행 비율이 50.0% 이상인 지역이 대부분이며 발생량 대비 내부통행이 낮은 지역은 세종시로 20. %로 나타남

<표 3-8> 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 시도 내부통행 비율

단위: 통행/일, %

구분	발생량	내부통행	내부/발생비
서울특별시	5,000	2,458	49.2
부산광역시	2,609	1,368	52.4
대구광역시	1,851	968	52.3
인천광역시	5,189	2,739	52.8
광주광역시	2,992	2,111	70.6
대전광역시	1,711	791	46.2
울산광역시	2,446	1,555	63.6
경기도	31,379	22,942	73.1
강원도	2,584	1,686	65.2
충청북도	5,372	2,438	45.4
충청남도	8,089	4,396	54.3
전라북도	4,762	3,048	64.0
전라남도	3,666	2,353	64.2
경상북도	5,448	3,216	59.0
경상남도	5,332	3,285	61.6
제주특별자치도	389	380	97.7
세종특별자치시	766	153	20.0
전국	89,585	55,887	62.4

2. 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 표본 O/D

- 1차년도와 다르게 2차년도에서는 화물차 운행기록계 자료에서 화물자동차의 톤급별 구분이 가능함
- 화물차 운행기록계 자료를 활용하여 톤급별 기종점통행량을 구축한 결과는 아래 표와 같음

<표 3-9> 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 전체 표본 O/D

단위: 통행/일

구분	서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주	세종	합계
서울	2,458	4	3	255	2	9	0	2,123	20	53	48	8	1	8	2	0	6	5,000
부산	2	1,368	49	5	4	11	152	36	11	28	7	19	20	94	802	0	1	2,609
대구	1	41	968	4	9	8	30	44	7	27	18	16	5	528	143	0	2	1,851
인천	232	4	9	2,739	6	18	8	1,847	36	68	139	30	9	29	9	0	6	5,189
광주	2	4	12	8	2,111	12	3	52	3	7	38	162	531	12	26	0	9	2,992
대전	7	12	7	12	11	791	8	150	15	242	227	69	5	31	17	1	106	1,711
울산	0	137	26	5	3	6	1,555	48	5	25	33	8	22	375	198	0	0	2,446
경기	2,140	43	44	1,846	44	176	36	22,942	524	1,119	1,745	228	63	215	90	3	121	31,379
강원	29	8	10	43	4	7	4	536	1,686	155	37	13	6	35	9	0	2	2,584
충북	67	13	34	92	18	228	35	1,230	130	2,438	449	121	41	247	67	0	162	5,372
충남	64	17	20	123	54	244	52	1,816	47	441	4,396	398	71	117	54	1	174	8,089
전북	12	23	28	31	162	61	11	267	20	126	407	3,048	362	55	132	0	17	4,762
전남	4	34	11	9	511	20	24	74	3	23	62	364	2,353	39	123	8	4	3,666
경북	12	135	510	35	8	44	359	258	37	267	111	50	39	3,216	352	0	15	5,448
경남	8	814	150	15	39	17	208	91	6	58	44	146	143	300	3,285	0	8	5,332
제주	0	0	0	0	1	0	0	4	0	0	1	0	3	0	0	380	0	389
세종	3	3	2	3	6	107	0	78	5	166	195	24	6	12	3	0	153	766
합계	5,041	2,660	1,883	5,225	2,993	1,759	2,485	31,596	2,555	5,243	7,957	4,704	3,680	5,313	5,312	393	786	89,585

<표 3-10> 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 소형 표본 O/D

단위: 통행/일

구분	서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주	세종	합계
서울	1,504	0	1	93	0	1	0	1,027	7	10	2	0	0	0	1	0	2	2,648
부산	0	419	2	0	0	0	22	1	1	1	0	0	0	6	199	0	0	651
대구	0	1	463	1	0	0	2	4	0	0	0	0	0	161	17	0	0	649
인천	73	1	1	774	1	0	0	355	1	6	7	0	0	0	1	0	0	1,220
광주	0	0	0	0	532	3	0	3	0	2	3	24	124	0	3	0	0	694
대전	1	1	0	1	0	353	0	16	2	39	64	12	0	2	0	0	58	549
울산	0	16	3	0	0	0	190	5	0	0	0	0	0	11	26	0	0	251
경기	1,003	1	6	345	0	19	1	6,477	98	134	225	14	3	18	1	0	13	8,358
강원	14	0	1	3	1	0	0	83	554	28	5	1	0	1	0	0	1	692
충북	10	0	0	12	0	47	0	152	23	558	38	7	1	9	1	0	58	916
충남	10	0	0	4	3	66	1	223	3	60	687	31	1	2	2	0	41	1,134
전북	2	0	2	3	25	8	0	14	0	5	36	440	23	2	5	0	1	566
전남	0	2	0	0	108	4	0	6	0	4	1	30	367	0	11	0	0	533
경북	1	5	151	1	1	4	16	14	2	8	4	0	0	580	27	0	1	815
경남	0	194	13	1	3	3	34	5	0	1	2	3	11	18	882	0	1	1,171
제주	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	178	0	180
세종	0	0	1	0	0	55	0	9	2	54	47	1	0	3	0	0	52	224
합계	2,618	640	644	1,238	674	563	266	8,396	693	910	1,121	563	530	813	1,176	178	228	21,251

<표 3-11> 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 중형 표본 O/D

단위: 통행/일

구분	서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주	세종	합계
서울	797	2	2	90	1	5	0	816	5	25	21	5	0	4	0	0	1	1,774
부산	2	381	27	1	1	3	26	15	0	5	2	11	2	28	262	0	0	766
대구	1	22	353	0	6	2	7	15	1	12	6	7	4	205	67	0	0	708
인천	88	2	1	854	2	11	0	745	13	19	54	7	4	13	6	0	0	1,819
광주	1	1	9	4	1,274	4	1	11	1	1	8	73	204	5	12	0	5	1,614
대전	4	0	2	6	1	242	3	58	2	88	85	23	0	6	6	1	26	553
울산	0	28	9	2	0	3	520	9	1	9	10	0	2	120	67	0	0	780
경기	830	13	14	762	9	80	10	10,709	222	503	785	82	21	57	38	3	42	14,180
강원	8	1	3	10	0	1	0	236	595	50	13	6	3	8	3	0	0	937
충북	32	3	17	31	6	89	7	566	44	984	204	44	12	86	14	0	41	2,180
충남	27	4	8	37	17	78	12	786	15	193	2,082	152	24	48	17	1	61	3,562
전북	6	11	12	8	78	21	1	111	7	52	143	1,178	140	14	45	0	5	1,832
전남	1	7	3	0	210	7	0	17	0	5	11	158	686	3	30	7	0	1,145
경북	5	37	180	16	3	8	121	91	8	104	44	11	5	1,007	123	0	6	1,769
경남	6	280	69	8	13	5	64	21	0	21	12	55	31	105	1,240	0	2	1,932
제주	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0	3	0	0	144	0	151
세종	1	0	0	2	2	26	0	32	0	34	75	9	2	4	1	0	47	235
합계	1,809	792	709	1,831	1,624	585	772	14,240	914	2,105	3,556	1,821	1,143	1,713	1,931	156	236	35,937

<표 3-12> 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 대형 표본 O/D

단위: 통행/일

구분	서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주	세종	합계
서울	157	2	0	72	1	3	0	280	8	18	25	3	1	4	1	0	3	578
부산	0	568	20	4	3	8	104	20	10	22	5	8	18	60	341	0	1	1,192
대구	0	18	152	3	3	6	21	25	6	15	12	9	1	162	59	0	2	494
인천	71	1	7	1,111	3	7	8	747	22	43	78	23	5	16	2	0	6	2,150
광주	1	3	3	4	305	5	2	38	2	4	27	65	203	7	11	0	4	684
대전	2	11	5	5	10	196	5	76	11	115	78	34	5	23	11	0	22	609
울산	0	93	14	3	3	3	845	34	4	16	23	8	20	244	105	0	0	1,415
경기	307	29	24	739	35	77	25	5,756	204	482	735	132	39	140	51	0	66	8,841
강원	7	7	6	30	3	6	4	217	537	77	19	6	3	26	6	0	1	955
충북	25	10	17	49	12	92	28	512	63	896	207	70	28	152	52	0	63	2,276
충남	27	13	12	82	34	100	39	807	29	188	1,627	215	46	67	35	0	72	3,393
전북	4	12	14	20	59	32	10	142	13	69	228	1,430	199	39	82	0	11	2,364
전남	3	25	8	9	193	9	24	51	3	14	50	176	1,300	36	82	1	4	1,988
경북	6	93	179	18	4	32	222	153	27	155	63	39	34	1,629	202	0	8	2,864
경남	2	340	68	6	23	9	110	65	6	36	30	88	101	177	1,163	0	5	2,229
제주	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58	0	58
세종	2	3	1	1	4	26	0	37	3	78	73	14	4	5	2	0	54	307
합계	614	1,228	530	2,156	695	611	1,447	8,960	948	2,228	3,280	2,320	2,007	2,787	2,205	59	322	32,397

3. 영업용화물자동차 운행거리 기록계 평균 통행시간 및 통행거리

- 화물차 운행기록계 자료를 활용하여 시도별 통행당 평균 통행시간과 통행거리를 분석하였음
- 통행당 평균 57.8분 통행시간이 걸리는 것으로 나타났으며 도시권보다는 비도시권의 통행시간이 더 높은 것으로 나타났음
- 제주도와 내륙 통행시간은 향후 제외할 예정임

<표 3-13> 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 시도별 평균 통행시간

단위: 분/통행

구분	서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주	세종	합계
서울	29.6	56.0	184.0	62.1	216.0	116.0	0	59.8	111.2	123.7	116.3	178.4	39.0	207.4	165.5	0	135.3	47.3
부산	197.5	34.1	124.9	65.6	209.0	198.2	66.5	153.4	185.6	194.6	186.6	140.4	141.8	123.3	54.1	0	484.0	54.4
대구	38.0	115.5	31.0	204.5	154.1	172.1	101.3	166.4	170.4	131.1	184.7	138.8	181.8	53.7	88.4	0	287.0	54.8
인천	71.4	203.5	167.4	34.7	207.0	154.4	170.8	67.0	171.5	135.8	120.5	155.5	57.4	179.7	136.4	0	128.7	55.4
광주	89.5	146.3	175.2	141.8	24.5	103.1	67.3	150.5	135.7	175.6	150.5	80.5	55.6	165.4	131.3	0	157.9	40.7
대전	99.6	214.7	109.7	122.8	143.9	27.6	194.6	124.8	166.3	56.0	67.3	84.8	181.8	131.8	143.0	88.0	51.0	58.0
울산	0	66.8	124.2	87.0	213.3	204.7	28.3	175.2	156.4	148.8	193.1	158.4	163.7	81.1	75.7	0	0	52.4
경기	62.2	150.3	151.8	66.6	208.5	118.4	170.5	46.2	91.3	81.4	75.3	144.0	150.5	145.8	197.2	59.7	107.9	55.5
강원	112.1	220.0	183.9	140.3	215.5	119.6	141.0	91.3	51.2	83.8	132.6	206.1	185.5	124.1	188.2	0	155.5	69.0
충북	128.7	177.2	145.8	128.6	176.3	61.2	151.9	86.0	90.0	36.6	77.9	129.4	164.7	88.0	152.4	0	46.1	65.8
충남	103.4	175.8	150.4	117.4	138.9	75.1	217.9	75.4	151.0	76.4	37.5	83.2	148.8	155.2	179.1	79.0	60.0	60.4
전북	177.2	146.7	142.8	172.8	87.3	80.2	214.6	143.8	163.0	122.5	85.8	42.8	97.8	169.3	127.4	0	110.8	67.7
전남	206.8	146.5	189.4	201.1	57.9	138.5	156.3	151.7	124.7	187.5	147.0	93.0	41.1	162.7	104.8	74.5	121.5	60.5
경북	125.6	119.0	59.5	180.7	157.0	121.8	76.1	153.8	124.2	93.9	151.4	157.0	174.5	42.1	100.8	0	117.2	66.4
경남	140.0	59.9	85.1	165.9	137.3	164.8	69.9	192.9	151.7	165.6	155.2	107.3	96.2	103.8	45.2	0	86.5	62.4
제주	0	0	0	0	36.0	0	0	67.0	0	0	51.0	0	86.0	0	0	40.1	0	40.7
세종	95.3	328.7	112.5	152.0	132.2	53.9	0	107.3	100.0	50.2	51.8	129.6	217.5	107.5	216.0	0	24.9	60.0
합계	49.2	57.3	58.5	54.9	43.3	61.0	52.9	55.9	69.6	63.5	58.9	65.1	59.9	64.4	62.5	41.1	62.8	57.8

- 통행거리는 평균 통행당 47.7km/통행을 통행하는 것으로 나타남
- 출발지를 기준으로 가장 높은 통행거리는 경상북도로 67.1km/통행으로 가장 짧은 통행거리의 지역은 서울로 26.1km/통행으로 나타남
- 제주도와 내륙 통행거리는 향후 제외할 예정임

<표 3-14> 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 시도별 평균 통행거리

단위: km/통행

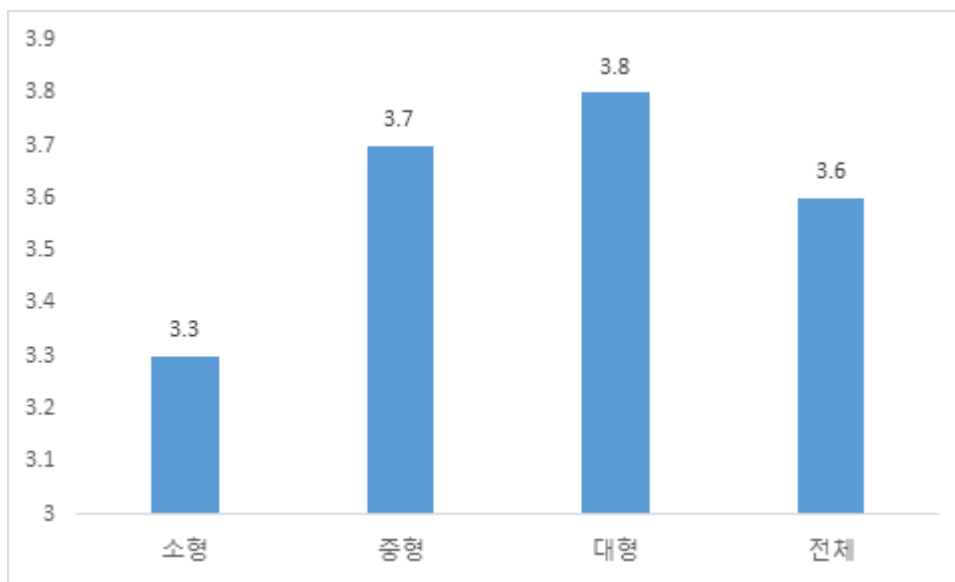
구분	서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주	세종	합계
서울	10.0	117.7	247.6	39.2	250.4	106.4	0	35.3	115.6	118.0	103.2	165.5	224.1	230.1	178.1	0	142.1	26.1
부산	215.3	14.6	119.6	173.7	234.7	277.8	54.4	241.5	229.9	244.1	225.6	165.6	148.3	124.8	38.3	0	553.8	41.4
대구	248.6	131.6	15.5	294.3	184.5	167.6	122.3	216.7	234.6	149.7	201.8	157.2	158.0	46.0	84.2	0	226.1	47.3
인천	43.4	294.8	240.6	14.0	232.6	162.4	280.8	45.6	166.0	149.0	110.3	188.0	167.5	230.2	259.9	0	129.9	36.8
광주	192.1	131.2	200.8	163.9	12.7	120.8	199.1	197.4	143.0	202.7	183.3	82.5	49.1	196.3	159.6	0	179.5	33.5
대전	131.5	230.9	133.8	152.3	157.4	13.2	284.1	127.3	188.8	45.9	58.9	81.4	164.3	164.8	167.3	87.3	36.4	50.0
울산	0	51.1	138.0	205.0	299.9	267.0	14.7	236.5	247.9	197.4	289.1	226.6	176.4	78.7	65.4	0	0	45.8
경기	38.7	204.4	196.2	46.2	249.9	119.5	261.1	30.1	89.0	79.3	67.0	162.1	188.0	183.3	256.9	174.6	103.9	41.3
강원	107.0	227.3	241.9	143.8	334.7	120.9	226.2	86.0	40.4	85.2	174.7	231.6	250.1	175.9	278.6	0	157.1	63.5
충북	113.6	196.6	158.1	136.9	225.1	49.2	211.6	82.0	86.8	26.4	73.5	140.2	207.6	104.2	196.0	0	31.0	61.4
충남	103.5	257.5	209.2	108.1	155.2	66.6	292.5	66.9	167.6	71.1	28.4	83.7	182.7	182.6	220.4	75.9	52.2	54.7
전북	165.2	185.0	159.5	214.4	87.2	80.2	280.9	169.0	227.5	132.6	84.1	33.9	99.5	214.0	156.9	0	109.5	65.9
전남	312.9	167.2	222.0	230.0	49.0	142.7	210.4	209.3	279.4	241.7	182.8	93.6	32.8	204.5	108.6	68.1	193.6	57.7
경북	188.7	131.2	50.9	244.9	214.1	143.5	77.1	190.6	131.4	110.3	190.2	188.8	219.2	34.8	110.8	0	129.5	67.1
경남	215.7	39.1	79.8	197.0	178.1	186.5	61.7	236.1	275.0	218.9	175.9	123.4	101.9	109.0	33.9	0	112.0	54.9
제주	0	0	0	0	9.6	0	0	112.1	0	0	252.2	0	98.9	0	0	21.5	0	23.6
세종	136.1	355.6	158.1	122.9	159.4	34.7	0	100.0	129.8	34.6	43.0	121.9	225.0	126.7	238.8	0	13.4	49.6
합계	28.6	43.4	51.2	36.8	35.9	52.3	48.9	41.7	64.0	59.6	52.8	62.0	56.8	64.0	56.7	23.9	54.2	47.7

- 영업용 화물차는 일평균 약 3.6시간/일, 179.6km/일을 운행하는 것으로 나타났다
- 톤급별로 보면 소형은 3.3시간/일, 중형 3.7시간/일, 대형 3.8시간/일로 톤급이 증가할수록 통행시간도 증가함

<표 3-15> 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 지역별 톤급별 일평균 통행시간

단위: 시간/일

구분	소형	중형	대형	전체
서울특별시	3.5	3.5	3.5	3.5
부산광역시	3.0	3.6	3.9	3.6
대구광역시	2.8	3.7	3.7	3.4
인천광역시	3.2	3.5	3.8	3.6
광주광역시	2.6	3.0	4.3	3.3
대전광역시	3.8	3.9	4.1	4.0
울산광역시	2.5	3.2	3.3	3.2
경기도	3.4	3.6	3.8	3.6
강원도	4.0	4.0	4.3	4.1
충청북도	3.5	4.1	4.1	4.0
충청남도	3.5	3.8	3.8	3.8
전라북도	3.4	4.3	4.3	4.2
전라남도	2.8	3.6	3.5	3.4
경상북도	3.1	3.8	3.6	3.6
경상남도	3.3	3.7	3.7	3.6
제주특별자치도	2.8	2.3	2.7	2.6
세종특별자치시	2.6	4.2	3.8	3.6
전체	3.3	3.7	3.8	3.6



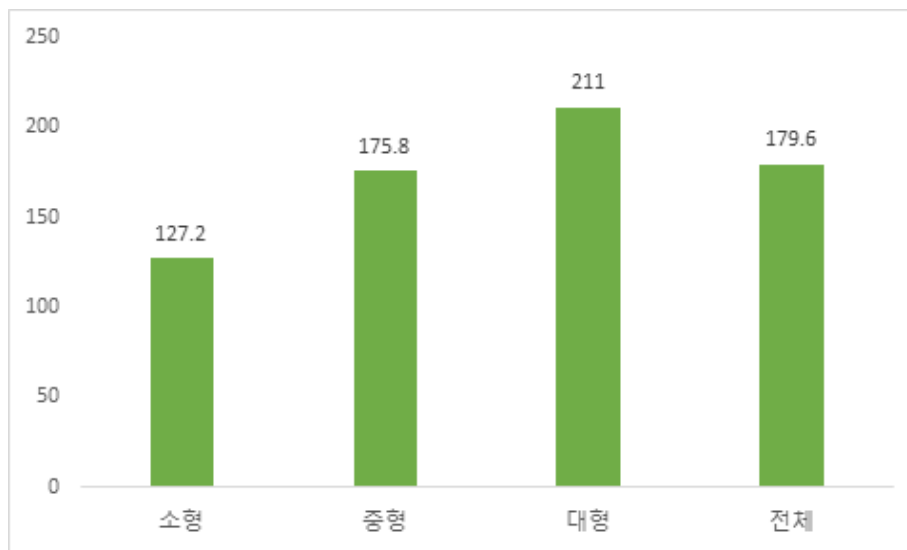
<그림 3-11> 화물차 운행기록계 자료의 톤급별 일평균 통행시간(단위: 시간/일)

- 통행거리의 경우 소형은 127.2km/일, 중형 175.8km/일, 대형 211.0km/일로 통행시간과 마찬가지로 톤급이 증가할수록 통행거리가 크게 증가함
- 이는 대형화물차량의 특성상 적재품목이 다양하고 적재량이 크기 때문에 지역간 통행에 따른 결과인 것으로 보임

<표 3-16> 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 지역별 톤급별 일평균 통행거리

단위: km/일

구분	소형	중형	대형	전체
서울특별시	113.4	134.7	146.9	126.6
부산광역시	100.0	184.4	192.1	168.1
대구광역시	106.6	191.3	222.7	170.1
인천광역시	108.1	141.2	166.9	145.7
광주광역시	104.0	131.4	272.6	166.0
대전광역시	150.8	201.5	241.3	206.5
울산광역시	104.6	148.5	182.0	167.0
경기도	124.1	157.7	191.2	160.0
강원도	180.4	205.7	264.1	222.0
충청북도	155.1	222.0	236.3	217.8
충청남도	160.6	191.9	220.5	201.8
전라북도	159.2	237.1	259.4	240.3
전라남도	126.4	197.0	209.8	193.3
경상북도	134.7	207.7	224.8	207.8
경상남도	129.4	196.9	215.6	191.7
제주특별자치도	99.2	94.5	86.3	94.8
세종특별자치시	90.9	208.0	209.4	178.1
전체	127.2	175.8	211.0	179.6



<그림 3-12> 화물차 운행기록계 자료의 톤급별 일평균 통행거리(단위: km/일)

4. 일평균 통행수

- 1일 기준의 화물차 운행기록계 자료를 분석한 결과 표본수는 전체 23,653대이며, 소형 21.5%, 중형 38.2%, 대형 40.3%으로 비중이 나타났음
- 표본차량이 가장 많은 경기를 제외하고 소형차량은 서울시가 489대로 가장 많았으며 중형과 대형차량은 충청남도가 809대, 1,019대로 가장 많이 표본으로 분석됨

<표 3-17> 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 지역별 톤급별 표본 차량수

단위: 대/일

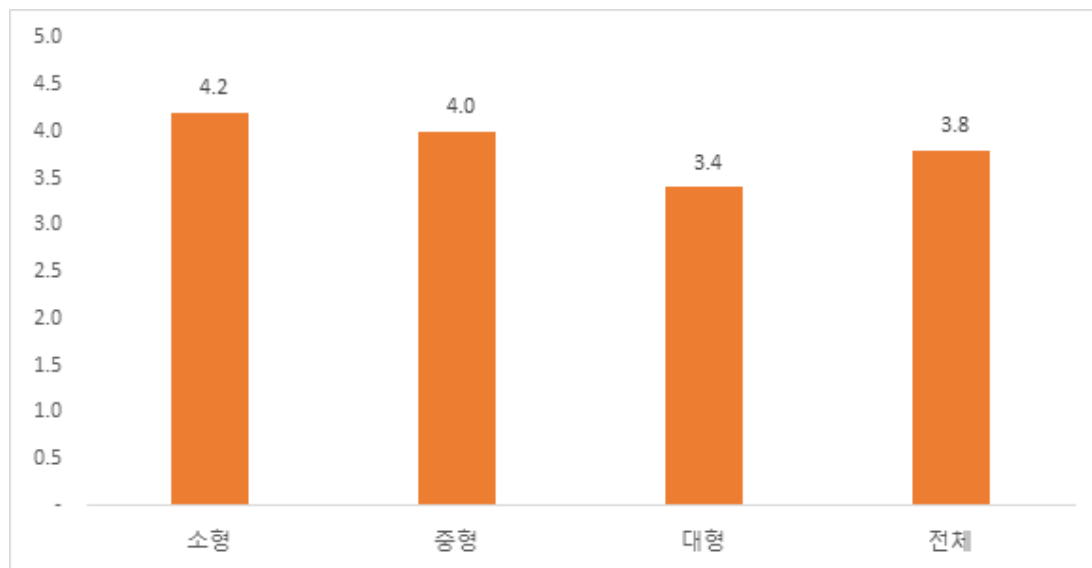
구분	소형	중형	대형	전체
서울특별시	489	423	152	1,064
부산광역시	159	197	318	674
대구광역시	188	191	150	529
인천광역시	310	471	649	1,430
광주광역시	165	321	200	686
대전광역시	114	125	200	439
울산광역시	55	165	432	652
경기도	2,012	3,550	2,561	8,123
강원도	197	259	295	751
충청북도	224	592	627	1,443
충청남도	269	809	1,019	2,097
전라북도	150	483	716	1,349
전라남도	158	287	577	1,022
경상북도	202	512	873	1,587
경상남도	299	529	667	1,495
제주특별자치도	42	54	20	116
세종특별자치시	51	62	83	196
전체	5,084	9,030	9,539	23,653
비율(%)	21.5	38.2	40.3	100.0

- 화물차 운행기록계 자료로 톤급별 일평균 통행수를 분석한 결과 전체 평균 3.8통행/일 운행하는 것으로 나타남
- 톤급별로 소형은 4.2통행/일, 중형 4.0통행/일, 대형 3.4통행/일로 톤급이 높을수록 1일 운행횟수는 낮은 것으로 분석됨

<표 3-18> 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 지역별 톤급별 일평균 통행수

단위: 통행/일

구분	소형	중형	대형	전체
서울특별시	4.7	3.9	3.4	4.2
부산광역시	3.9	3.8	3.6	3.7
대구광역시	4.1	3.7	3.2	3.7
인천광역시	4.1	4.0	3.6	3.8
광주광역시	4.3	5.1	3.5	4.5
대전광역시	4.8	3.9	3.4	3.9
울산광역시	4.0	4.4	3.3	3.6
경기도	4.3	4.0	3.5	3.9
강원도	3.9	3.7	3.3	3.6
충청북도	3.9	4.0	3.5	3.8
충청남도	4.1	4.4	3.2	3.8
전라북도	3.9	3.8	3.5	3.6
전라남도	3.3	3.8	3.3	3.4
경상북도	3.4	3.6	3.2	3.4
경상남도	4.1	3.6	3.2	3.5
제주특별자치도	4.3	3.1	3.1	3.6
세종특별자치시	3.9	4.2	3.5	3.8
전체	4.2	4.0	3.4	3.8



<그림 3-13> 화물차 운행기록계 자료의 톤급별 일평균 통행수(단위: 통행/일)

제4장 화물차 운행기록계 자료를 활용 화물자동차 기종점통행량 및 운행특성 분석

제1절 화물자동차 운행특성 분석

제2절 고속도로 이용특성 분석

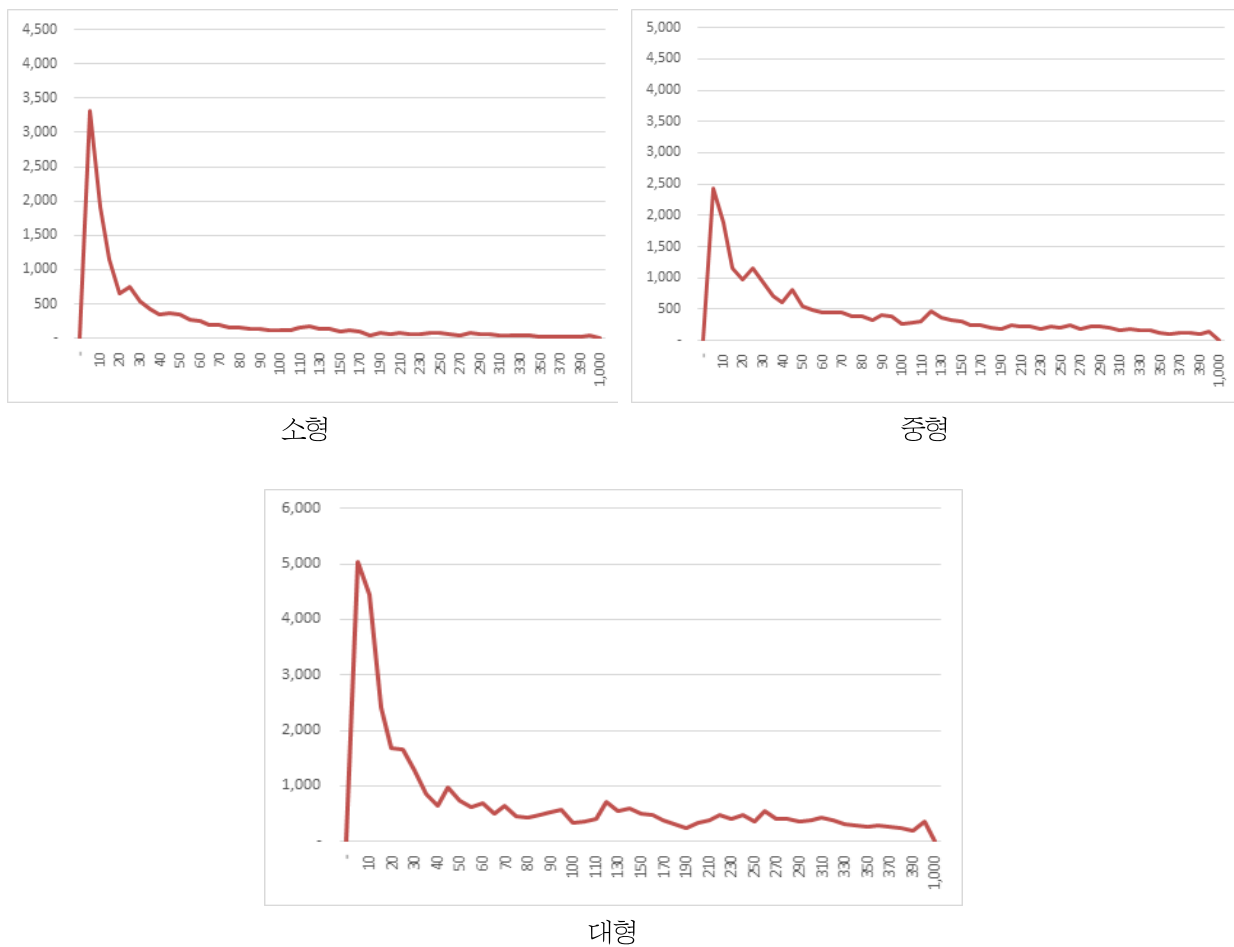
제3절 물류거점 통행량 분석

제4장 화물차 운행기록계 자료를 활용 화물자동차 기종점통행량 및 운행특성 분석

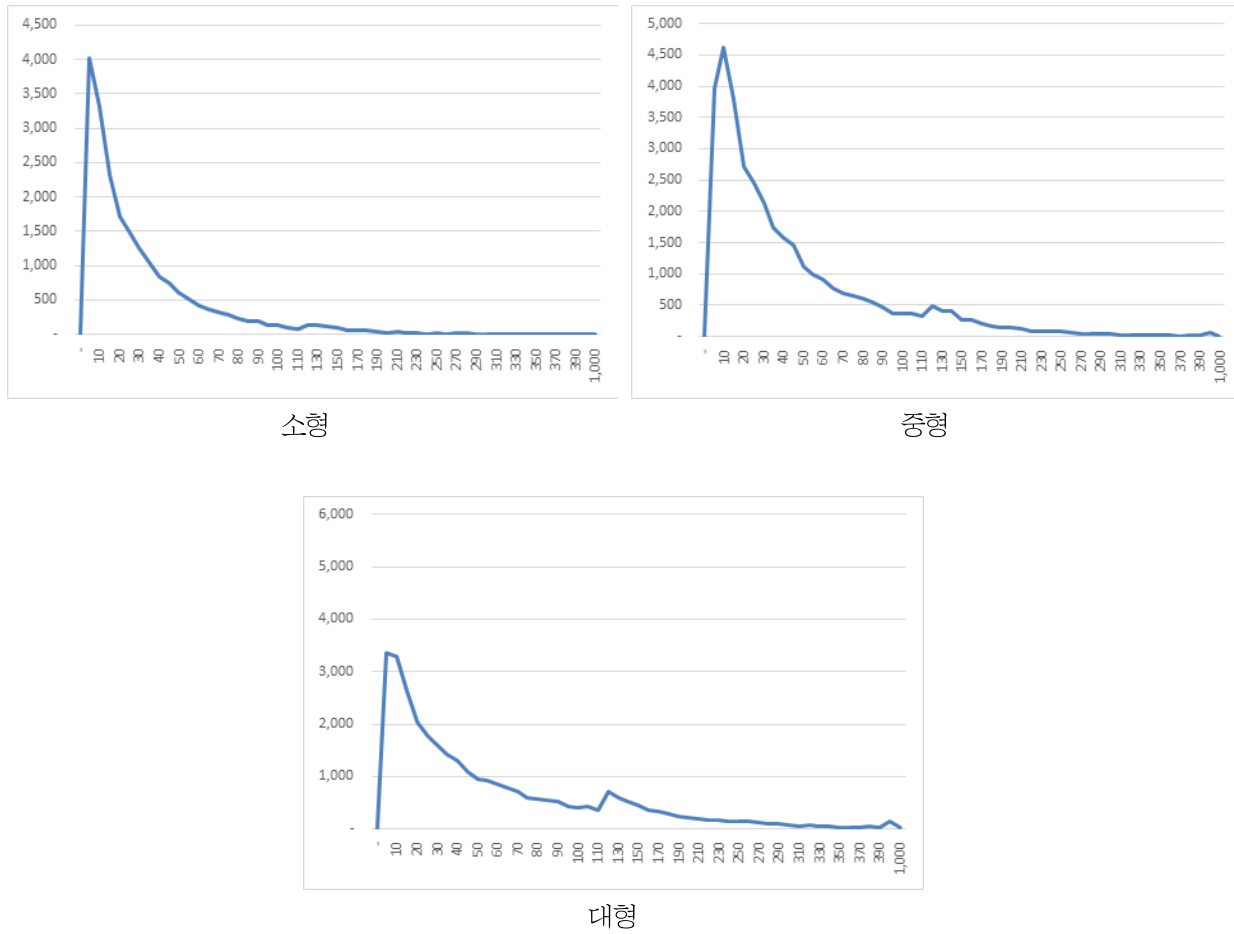
제1절 화물자동차 운행특성 분석

1. 화물자동차 톤급별 통행거리 분포 결과

- 기존에는 2017년 수행된 전국화물자동차통행실태조사 자료에서 톤급별 화물자동차의 통행거리 분포(TLFD) 결과를 활용하여 이번 화물차 운행기록계 자료와 동일한 급간으로 통행거리 분포를 확인함



<그림 4-1> 톤급별 통행거리 급간별 빈도수 분포(2017년 조사자료)



<그림 4-2> 톤급별 통행거리 급간별 빈도수 분포(2019년 DTG자료)

<표 4-1> 2017년 조사자료와 2019년 화물차 운행기록계 자료의 톤급별 급간별 통행분포 결과 비교
단위: 대, %

급간 거리	2017년 화물차통행실태조사 자료						2019년 화물차 운행기록계 자료					
	소형	중형	대형	소형비율	중형비율	대형비율	소형	중형	대형	소형비율	중형비율	대형비율
5	3,322	2,424	5,030	0.24	0.11	0.14	4,015	3,977	3,351	0.19	0.11	0.10
10	1,925	1,882	4,443	0.14	0.09	0.12	3,313	4,619	3,280	0.16	0.13	0.10
15	1,146	1,154	2,422	0.08	0.05	0.07	2,318	3,784	2,638	0.11	0.11	0.08
20	645	982	1,689	0.05	0.04	0.05	1,724	2,717	2,034	0.08	0.08	0.06
25	753	1,151	1,666	0.05	0.05	0.04	1,498	2,442	1,776	0.07	0.07	0.05
30	532	930	1,278	0.04	0.04	0.03	1,265	2,125	1,603	0.06	0.06	0.05
35	422	700	850	0.03	0.03	0.02	1,047	1,736	1,423	0.05	0.05	0.04
40	356	615	638	0.03	0.03	0.02	838	1,573	1,300	0.04	0.04	0.04
45	373	807	963	0.03	0.04	0.03	740	1,453	1,103	0.03	0.04	0.03
50	350	544	738	0.03	0.02	0.02	609	1,122	943	0.03	0.03	0.03
55	267	487	611	0.02	0.02	0.02	517	996	928	0.02	0.03	0.03
60	258	455	697	0.02	0.02	0.02	429	914	845	0.02	0.03	0.03
65	196	439	509	0.01	0.02	0.01	366	779	790	0.02	0.02	0.02
70	198	446	654	0.01	0.02	0.02	333	680	711	0.02	0.02	0.02
75	160	395	461	0.01	0.02	0.01	288	640	598	0.01	0.02	0.02
80	159	381	422	0.01	0.02	0.01	235	600	583	0.01	0.02	0.02
85	137	324	469	0.01	0.01	0.01	191	542	554	0.01	0.02	0.02
90	138	408	530	0.01	0.02	0.01	184	467	524	0.01	0.01	0.02
95	118	391	566	0.01	0.02	0.02	138	367	440	0.01	0.01	0.01
100	124	274	337	0.01	0.01	0.01	129	364	408	0.01	0.01	0.01
105	126	286	365	0.01	0.01	0.01	99	357	436	0.00	0.01	0.01
110	162	304	413	0.01	0.01	0.01	87	319	366	0.00	0.01	0.01
120	172	468	712	0.01	0.02	0.02	140	483	723	0.01	0.01	0.02
130	143	360	543	0.01	0.02	0.01	127	398	594	0.01	0.01	0.02
140	139	319	608	0.01	0.01	0.02	110	409	531	0.01	0.01	0.02
150	99	308	506	0.01	0.01	0.01	100	263	451	0.00	0.01	0.01
160	118	239	469	0.01	0.01	0.01	56	260	366	0.00	0.01	0.01
170	94	244	378	0.01	0.01	0.01	52	207	330	0.00	0.01	0.01
180	48	198	324	0.00	0.01	0.01	54	168	285	0.00	0.00	0.01
190	74	178	249	0.01	0.01	0.01	32	152	247	0.00	0.00	0.01
200	68	246	342	0.00	0.01	0.01	26	138	219	0.00	0.00	0.01
...
합계	13,808	21,884	37,176	100.00	100.00	100.00	21,251	35,937	32,397	100.00	100.00	100.00

2. 화물자동차 통행형태 유형 분석(Trip Chain)

1) 1일 기준 총 통행수

- 2019년 10월 23일 수요일 자료를 기준으로 차량별 트립체인 유형을 구분하고 통행수에 따라 분석한 결과는 아래와 같음
- 트립체인 분석은 자료의 특성상 차량의 궤적정보가 아닌 읍면동을 기준으로 세분화하여 통행을 구분하였음
- 누적비율 90%를 기준으로 전체 차량은 1일 7통행/일까지 통행한 화물차량이 많았으며, 톤급별로 보았을 때 소형차량은 8통행/일, 중형차량은 7통행/일, 대형차량은 6통행/일로 통행이 감소하는 것으로 나타남

<표 4-2> 화물차 운행기록계 자료의 톤급별 총통행수 기준의 차량수

총통행수	차량대수(대/일)				누적비율(%)			
	소형	중형	대형	전체	소형	중형	대형	전체
1	749	1,302	1,555	3,606	13.8	13.6	15.1	14.5
2	806	1,522	1,789	4,117	28.6	29.6	32.5	30.7
3	820	1,440	1,776	4,036	43.7	44.6	49.7	46.6
4	677	1,306	1,577	3,560	56.1	58.3	65.0	60.7
5	631	1,113	1,185	2,929	67.7	70.0	76.5	72.2
6	494	902	823	2,219	76.8	79.4	84.5	81.0
7	384	624	571	1,579	83.9	85.9	90.1	87.2
8	288	429	367	1,084	89.2	90.4	93.6	91.5
9	189	295	228	712	92.6	93.5	95.8	94.3
10	148	218	165	531	95.4	95.8	97.4	96.4
11	67	135	72	274	96.6	97.2	98.1	97.5
12	67	82	66	215	97.8	98.1	98.8	98.3
13	33	58	29	120	98.4	98.7	99.1	98.8
14	35	40	32	107	99.1	99.1	99.4	99.2
15	13	27	22	62	99.3	99.4	99.6	99.5
16	12	16	14	42	99.5	99.5	99.7	99.6
17	9	18	9	36	99.7	99.7	99.8	99.8
18	5	9	3	17	99.8	99.8	99.8	99.8
19	5	6	4	15	99.9	99.9	99.9	99.9
20통행이상	6	10	13	29	100.0	100.0	100.0	100.0
합계	5,438	9,552	10,300	25,290	-	-	-	-

2) 트립체인 유형 및 차량유형별 분석

- 각 차량의 통행유형을 총 통행수 기준으로 구분하며 통행수가 증가할수록 트립체인의 유형은 다양하게 발생함
- 트립체인 유형은 1통행의 경우 출발지 기준으로 같은 읍면동 내 통행(A-A), 다른 읍면동 간 통행(A-B)으로 정의하여 유형을 구분하였음
- 통행이 높은 1통행~3통행을 기준으로 트립체인유형이 다음과 같이 나타났음
- 3통행 기준인 경우 편도통행으로 도착지 3곳을 통행한 A-B-C-D 경우가 43%로 가장 높았으며, 다른 2곳을 통행한 후 최초 출발지로 돌아오는 A-B-C-A 유형이 10%임

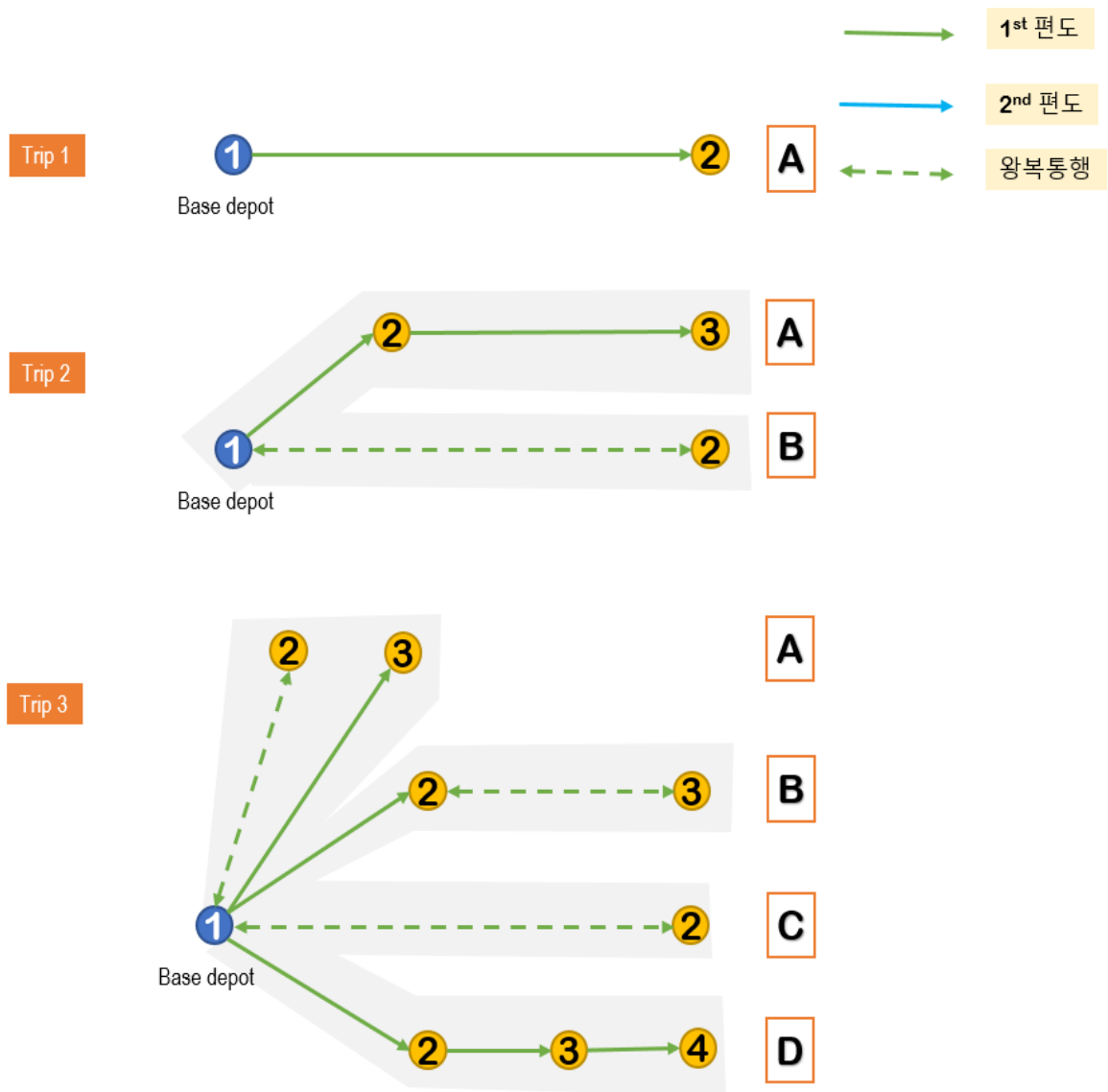
<표 4-3> 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 1일기준 트립체인 유형(1~3통행 기준)

트립체인 유형		통행대수(대)	유형별 통행분포비(%)
1통행	AA	731	0.20
	AB	2,875	0.80
2통행	AAA	273	0.07
	AAB	355	0.09
	ABA	667	0.16
	ABB	442	0.11
	ABC	2,380	0.58
3통행	AAAA	146	0.04
	AAAB	85	0.02
	AABA	97	0.02
	AABB	39	0.01
	AABC	204	0.05
	ABAA	162	0.04
	ABAB	72	0.02
	ABAC	243	0.06
	ABBA	102	0.03
	ABBB	88	0.02
	ABBC	239	0.06
	ABCA	406	0.10
	ABCB	228	0.06
	ABCC	207	0.05
	ABCD	1,718	0.43

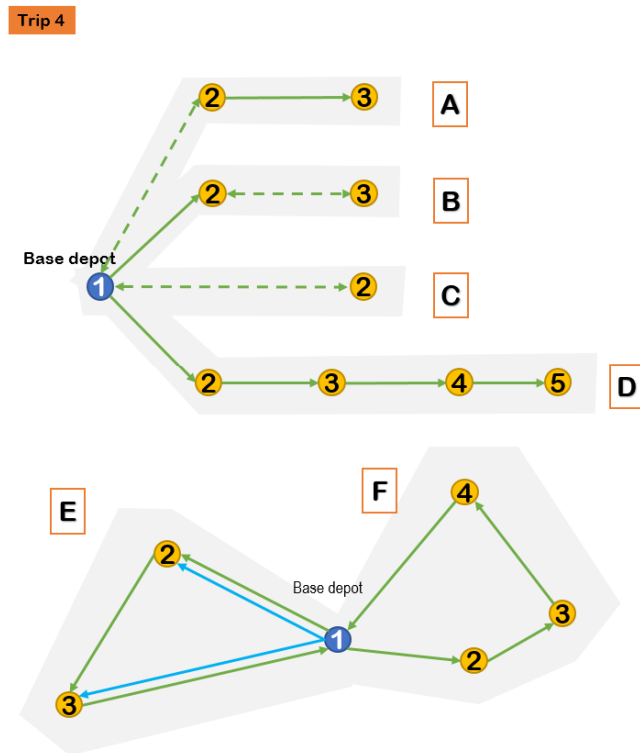
<표 4-4> 영업용화물자동차 운행거리 기록계 자료의 차량유형별 트립체인 분석(1~3통행 기준)

단위: 대/일

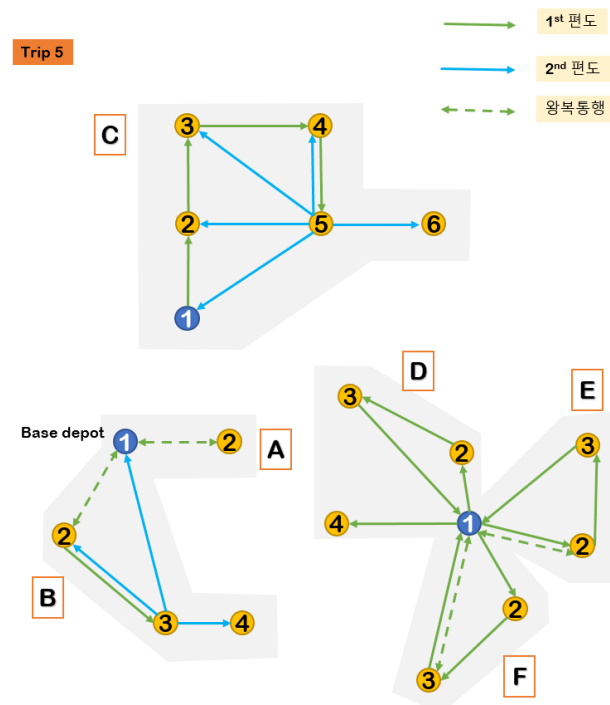
	전문 수송	일반 수송	트레 일러	반형 자동 차	탱크 로리	크레 인	트랙 터	가타	일반형	덤프 형	반형 화물	특수용 도형	견인 특수	특수 작업 형
AA	-	-	2	-	1	1	41	2	141	2	2	300	18	5
AB	-	7	-	2	2	1	142	4	650	5	8	1,297	45	11
AAA	-	-	-	1	-	1	13	1	50	-	1	133	4	-
AAB	-	-	1	-	-	-	34	1	67	2	1	144	5	2
ABA	-	4	-	-	1	-	32	1	161	-	1	275	10	4
ABB	-	-	-	1	-	-	21	-	95	1	1	198	7	1
ABC	-	9	-	6	1	1	140	3	559	2	6	1,040	42	7
AAAA	-	-	-	-	1	-	8	-	30	-	-	60	3	-
AAAB	-	1	-	-	-	-	6	-	23	-	-	28	3	1
AABA	-	-	-	-	-	1	6	-	17	-	-	37	2	-
AABB	-	-	-	-	-	-	3	-	5	-	-	17	-	-
AABC	-	-	-	-	-	-	11	1	47	-	-	91	5	-
ABAA	-	-	-	1	-	-	11	-	27	-	-	72	1	1
ABAB	-	-	-	-	-	-	1	1	18	-	-	30	-	-
ABAC	-	-	-	1	-	-	8	2	65	-	1	95	5	-
ABBA	-	-	-	-	-	-	1	-	19	-	1	49	1	-
ABBB	-	-	1	-	-	-	5	1	14	-	-	39	3	-
ABBC	-	-	-	1	-	-	16	-	73	-	-	101	6	1
ABCA	-	-	-	1	-	1	16	-	105	-	2	186	8	1
ABCB	-	1	-	-	-	1	9	1	43	-	1	119	4	-
ABCC	-	3	-	-	-	-	15	-	52	-	1	89	1	-
ABCD	-	4	-	1	-	1	70	3	438	4	1	746	24	2
합계	-	29	4	15	6	8	609	21	2,699	16	27	5,146	197	36



<그림 4-3> 화물차 운행기록계 자료의 1통행 ~ 3통행 기준 트립체인 주요 유형



<그림 4-4> 화물차 운행기록계 자료의 4통행 기준 트립체인 주요 유형



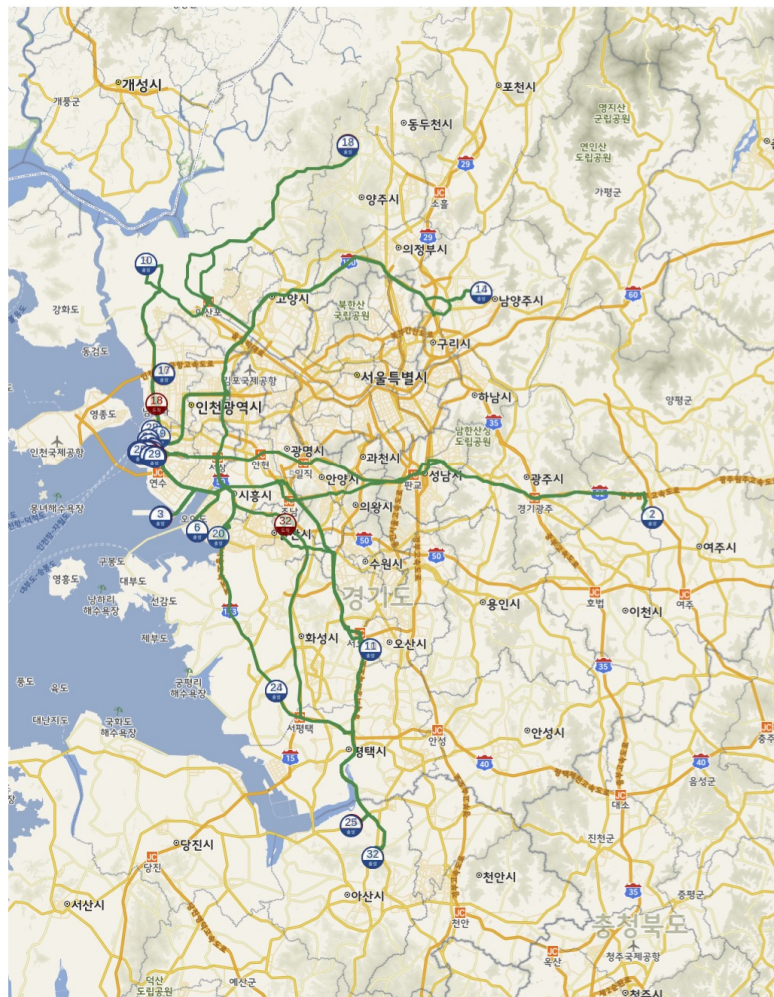
<그림 4-5> 화물차 운행기록계 자료의 5통행 기준 트립체인 주요 유형

3. 화물자동차의 통행경로 분석

- 화물차 운행기록계 자료의 통행은 데이터량이 상당하기 때문에 알고리즘 분석과 통계 분석만으로는 자료의 이상 유무나 상세한 통행 분석이 어려움
- 통행의 궤적과 각종 분석된 정보들을 한 눈에 보고 비교할 수 있는 리포트 형태의 자료를 만들 필요가 있으므로, 추출된 통행을 이해하기 쉽게 문서 파일 형태로 만드는 자체 개발한 모듈을 활용함

자동차 등록번호	차량 유형	화물 유형1	화물 유형2	종류	종목지
bc36c4d50682455ffac8876736e8d33d8b22c3...	31	21	57	25000	충청남도 홍성군

전체 통행 궤적



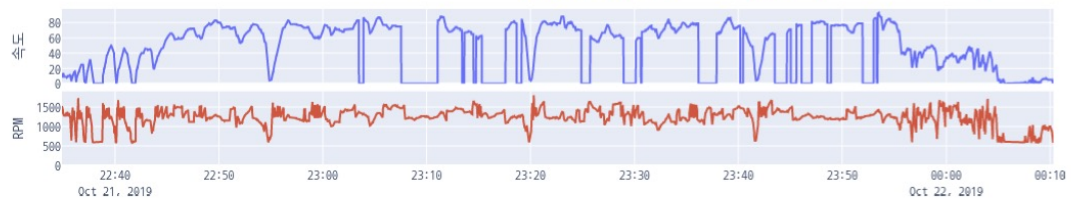
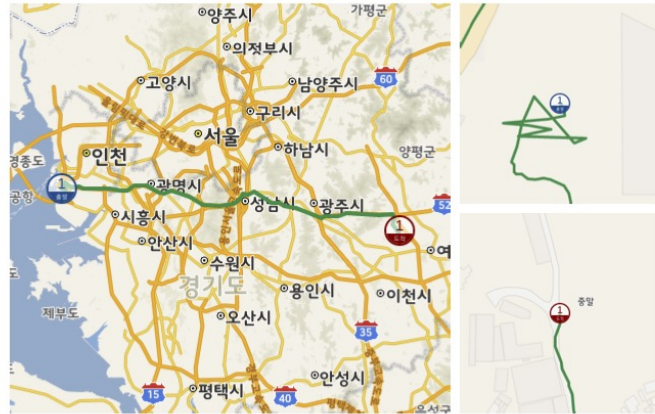
4

<그림 4-6> 통행분석 전체경로 리포트 1

자동차 등록번호	차량 유형	화물 유형1	화물 유형2	등급	등록지
bc36c4d50682455ffac8876736e8d33d8b22c3...	31	21	57	25000	충청남도 홍성군

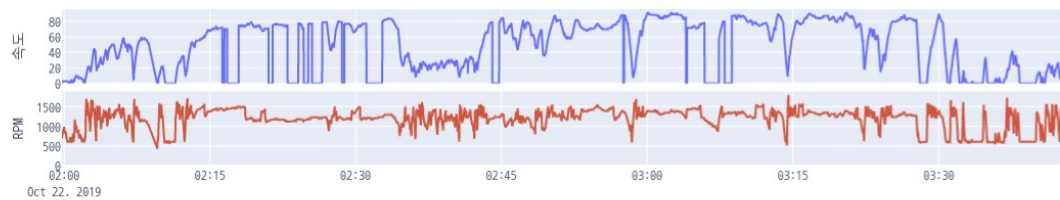
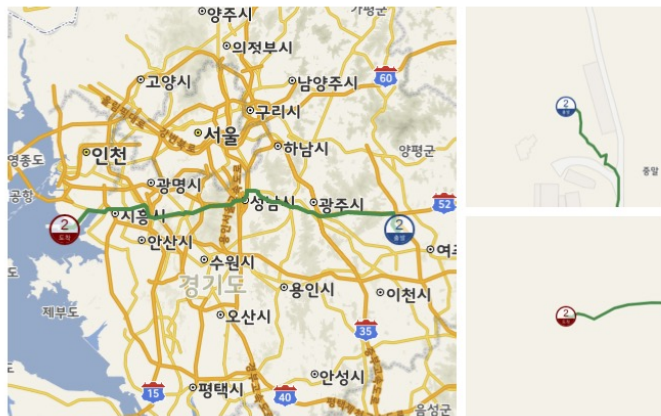
통행 1 상세정보

출발시간	2019-10-21 22:34:53
도착시간	2019-10-22 00:10:19
거리(km)	73.32
시간(분)	95.43
출발지 주소	인천 중구 신흥동3가 70
도착지 주소	경기 여주시 흥천면 하다리 89-10
출발지 교통시설	항만



통행 2 상세정보

출발시간	2019-10-22 01:59:46
도착시간	2019-10-22 03:43:04
거리(km)	81.62
시간(분)	103.30
출발지 주소	경기 여주시 흥천면 하다리 89-4
도착지 주소	인천 연수구 송도동 407
도착지 교통시설	항만



4. 화물자동차 운전자의 근로여건 분석

- 최근 주요 이슈가 되고 있는 화물자동차 운전자의 다양한 근로여건을 분석하고자 1주일치 화물차 운행기록계 자료를 활용하여 분석함
- 분석자료는 2019년 10월 21일(월)~27일(일)의 자료를 활용하였음
- 화물차 운행기록계 자료를 통해 운전자의 근로행태 분석결과 주말보다는 주중이, 소형보다는 중대형 차량의 통행수와 통행시간, 통행거리가 높은 것으로 나타났음

<표 4-5> 톤급별 화물운전자의 통행수

단위: 통행/일

구분	차량수(대)	통행수		
		전체	주중	주말
소형	6,639	5.12	4.02	1.10
중형	11,526	5.11	4.03	1.07
대형	12,634	5.03	4.00	1.03
전체	30,799	5.08	4.02	1.06

<표 4-6> 요일별 톤급별 화물운전자의 통행시간

단위: 시간/일

구분		소형	중형	대형	전체
21일(월)	주중	3.6	4.1	4.7	4.3
22일(화)		4.0	4.6	5.3	4.8
23일(수)		4.0	4.5	5.3	4.7
24일(목)		3.9	4.5	5.2	4.7
25일(금)		3.6	3.8	4.5	4.1
26일(토)	주말	3.1	3.1	3.6	3.3
27일(일)		1.1	1.2	1.4	1.3
전체		3.5	3.9	4.6	4.1

<표 4-7> 요일별 톤급별 화물운전자의 통행거리

단위: km/일

구분		소형	중형	대형	전체
21일(월)	주중	119.5	159.2	189.5	163.0
22일(화)		133.9	181.7	215.1	185.2
23일(수)		129.3	179.7	216.2	183.8
24일(목)		127.3	176.7	209.8	179.6
25일(금)		115.9	149.8	180.2	154.8
26일(토)	주말	101.4	126.6	151.9	131.3
27일(일)		39.9	52.5	62.2	53.4
전체		115.5	155.3	186.0	159.1

<표 4-8> 차량유형별 톤급별 화물운전자의 통행시간 및 통행거리

단위: 시간/일, km/일

구분	통행시간				통행거리			
	소형	중형	대형	전체	소형	중형	대형	전체
미구분	3.2	3.8	4.3	3.8	101.0	151.4	171.5	145.9
전문수송용자동차	0	0	8.6	8.6	0	0	363.9	363.9
사다리차,구급차및소방차	0.4	0	0	0.4	3.5	0	0	3.5
일반수송용자동차	2.3	4.1	4.3	4.0	65.3	161.2	164.0	155.1
트레일러	0	0	3.9	3.9	0	0	114.3	114.3
밴형자동차	4.8	4.5	6.9	5.2	175.2	162.8	302.7	201.3
탱크로리	0	7.6	5.0	5.3	0	168.0	172.4	171.9
크레인자동차	0	1.9	5.1	4.9	0	18.4	221.5	212.9
트랙터	0	6.4	4.8	4.8	0	124.9	191.1	191.0
그밖의자동차	1.0	0	4.4	4.4	17.3	0	189.3	186.9
일반형화물자동차	3.4	4.0	4.6	4.1	108.7	160.9	191.5	162.5
덤프형화물자동차	0.6	2.9	7.0	4.8	17.4	52.6	210.6	125.9
밴형화물자동차	3.5	4.0	5.6	4.0	109.6	170.9	204.8	151.5
특수용도형화물자동차	3.8	3.9	4.6	4.2	126.3	154.3	189.4	159.9
건인형특수자동차	0	5.8	4.8	4.8	0	233.7	186.6	186.8
특수작업형특수자동차	1.7	1.9	2.3	2.0	46.3	46.9	84.1	63.9
전체평균	3.5	3.9	4.6	4.1	115.5	155.3	186.0	159.1

<표 4-9> 차량유형별 톤급별 화물운전자의 통행수

단위: 통행/일

구분	소형	중형	대형	전체
미구분	3.8	3.9	3.6	3.8
전문수송용자동차	0	0	7.0	7.0
사다리차,구급차및소방차	1.5	0	0	1.5
일반수송용자동차	4.1	3.6	3.4	3.6
트레일러	0	0	3.3	3.3
밴형자동차	5.5	3.9	4.9	4.5
탱크로리	0	3.7	3.7	3.7
크레인자동차	0	9.8	3.2	3.6
트랙터	0	3.9	3.9	3.9
그밖의자동차	2.3	0	3.7	3.6
일반형화물자동차	4.5	3.9	3.6	3.9
덤프형화물자동차	1.3	4.6	5.0	4.7
밴형화물자동차	4.1	3.4	3.5	3.7
특수용도형화물자동차	4.0	4.0	3.5	3.8
건인형특수자동차	0	3.9	4.1	4.1
특수작업형특수자동차	2.9	3.6	3.5	3.3
전체평균	4.1	3.9	3.6	3.8

제2절 고속도로 이용 특성분석

1. 화물차 운행기록계자료를 활용한 고속도로 이용차량 운행분석

- 화물차 운행기록계 원시자료의 궤적 정보에서 진출입하는 고속도로를 추출하기 위해 가장 직관적인 방법은 어느 고속도로 요금소를 통과하는지 검출하는 것임
- 하지만 고속도로 요금소의 위치를 정확히 제공하기 있는 외부 서비스가 없고, 특히 도로공단에서 제공하는 요금소 위치는 고속도로 영업소의 위치임
- 궤적을 가지고 특정 도로에 진입하는지 또는 진출하는지를 알기 위해서는 요금소의 폴리곤을 다중으로 만들어서 시간차에 따른 궤적이 어느 방향으로 폴리곤에 걸쳐있는지 판별할 수 있어야함
- 본 연구에서 고속도로의 진입과 진출을 판별하기 위해 폴리곤을 두 개 이상으로 나누고, 고속도로의 입구에 해당하는 부분부터 출구에 해당하는 부분을 순차적으로 폴리곤을 생성함



<그림 4-8> 서울요금소 예시 (빨간색 빗금 다각형 부분)

○ 고속도로 이용차량 특성 (1일 기준)

- 전체 차량 23,653대/일 중 고속도로를 이용한 차량은 17,799대/일로 전체 75.3%에 해당함
- 고속도로를 이용한 차량 중 대형이 7,731대/일 43.4%로 가장 많은 비중을 차지함
- 고속도로 이용 비율이 높은 지역은 경상남도가 83.3%로 가장 높았으며 그다음으로 부산, 인천, 경북 순으로 나타났음

<표 4-10> 전체차량 중 고속도로를 이용한 지역별 톤급별 차량수

단위: 대/일, %

구분	고속도로이용차량				전체차량	고속도로 이용 비율
	소형	중형	대형	합계		
서울특별시	328	321	111	760	1,064	71.4
부산광역시	121	160	255	536	674	79.5
대구광역시	121	160	132	413	529	78.1
인천광역시	215	377	543	1,135	1,430	79.4
광주광역시	107	214	176	497	686	72.4
대전광역시	75	93	173	341	439	77.7
울산광역시	25	85	274	384	652	58.9
경기도	1,287	2,714	2,161	6,162	8,123	75.9
강원도	137	187	247	571	751	76.0
충청북도	127	466	540	1,133	1,443	78.5
충청남도	150	527	784	1,461	2,097	69.7
전라북도	86	375	568	1,029	1,349	76.3
전라남도	102	219	402	723	1,022	70.7
경상북도	128	411	719	1,258	1,587	79.3
경상남도	214	445	586	1,245	1,495	83.3
제주특별자치도	2	15	2	19	116	16.4
세종특별자치시	22	52	58	132	196	67.3
전체	3,247	6,821	7,731	17,799	23,653	75.3

- 고속도로를 이용하는 화물자동차의 평균 이용횟수는 평균 2.5통행/일 고속도로를 이용하는 것으로 나타났으며 소형보다는 중대형 차량의 이용횟수가 높은 것으로 나타남

<표 4-11> 고속도로 이용차량의 지역별 톤급별 평균 이용횟수

단위: 통행/일

구분	소형	중형	대형	전체
서울특별시	2.5	2.4	2.5	2.5
부산광역시	2.4	2.6	2.4	2.5
대구광역시	2.2	2.4	2.3	2.3
인천광역시	2.7	2.7	2.6	2.7
광주광역시	2.8	2.4	2.5	2.5
대전광역시	2.6	2.8	2.6	2.7
울산광역시	2.2	2.2	2.3	2.3
경기도	2.5	2.6	2.6	2.6
강원도	2.1	2.6	2.6	2.5
충청북도	2.4	2.7	2.6	2.6
충청남도	2.4	2.4	2.4	2.4
전라북도	2.2	2.5	2.3	2.3
전라남도	2.0	2.5	2.4	2.3
경상북도	2.1	2.4	2.3	2.3
경상남도	2.4	2.5	2.4	2.4
제주특별자치도	2.0	1.7	1.0	1.7
세종특별자치시	2.1	2.6	2.1	2.3
전체	2.4	2.5	2.5	2.5

<표 4-12> 고속도로이용 차량 중 휴게소 이용차량 수

단위: 대/일, %

구분	고속도로이용 차량	휴게소		휴게소 평균 이용횟수(통행/일)			
		이용차량	비율	소형	중형	대형	전체
서울특별시	760	115	15.1	1.1	1.2	1.2	1.2
부산광역시	536	89	16.6	1.4	1.3	1.4	1.4
대구광역시	413	67	16.2	1.6	1.2	1.4	1.4
인천광역시	1,135	166	14.6	1.0	1.2	1.4	1.3
광주광역시	497	83	16.7	1.1	1.2	1.2	1.2
대전광역시	341	82	24.0	1.2	1.2	1.5	1.4
울산광역시	384	94	24.5	1.8	1.0	1.3	1.3
경기도	6,162	946	15.4	1.2	1.2	1.3	1.3
강원도	571	132	23.1	1.2	1.4	1.3	1.3
충청북도	1,133	222	19.6	1.2	1.2	1.3	1.3
충청남도	1,461	318	21.8	1.1	1.2	1.3	1.3
전라북도	1,029	236	22.9	1.3	1.2	1.5	1.3
전라남도	723	173	23.9	1.0	1.4	1.4	1.4
경상북도	1,258	253	20.1	1.2	1.3	1.4	1.4
경상남도	1,245	238	19.1	1.1	1.4	1.3	1.3
제주특별자치도	19	3	15.8	2.0	1.0	0	1.3
세종특별자치시	132	22	16.7	1.0	1.1	1.3	1.2
전체	17,799	3,239	18.2	1.2	1.2	1.4	1.3

2. 화물차 운행기록계자료를 활용한 고속도로 이용차량의 진출입 TG 통행분석

가. 고속도로 TG 진출입 차량분석(3일 기준, 제주제외)

1) 자료 수집

- 2019년 10월 22일~24일 3일간 의 화물차 16,478대를 바탕으로 분석을 진행함
- 전체 화물차 운행기록계 자료에서 고속도로 TG의 진입, 진출 정보가 모두 존재하는 차량을 대상으로 하였으며, 개방식 고속도로는 제외하였음

<표 4-13> 시도별 고속도로 TG 현황

단위: 개

구분	고속도로 요금소 수	300대 이상 진출입 통행량이 있는 고속도로 요금소 수	비율(%)
서울특별시	5	3	60.0
부산광역시	10	2	20.0
대구광역시	13	5	38.5
인천광역시	5	1	20.0
광주광역시	5	1	20.0
대전광역시	6	4	66.7
울산광역시	8	3	37.5
경기도	65	43	66.2
강원도	35	6	17.1
충청북도	31	10	32.3
충청남도	37	10	27.0
전라북도	33	5	15.2
전라남도	38	6	15.8
경상북도	47	6	12.8
경상남도	51	9	17.6
세종특별자치시	2	0	-
전체	391	114	29.2

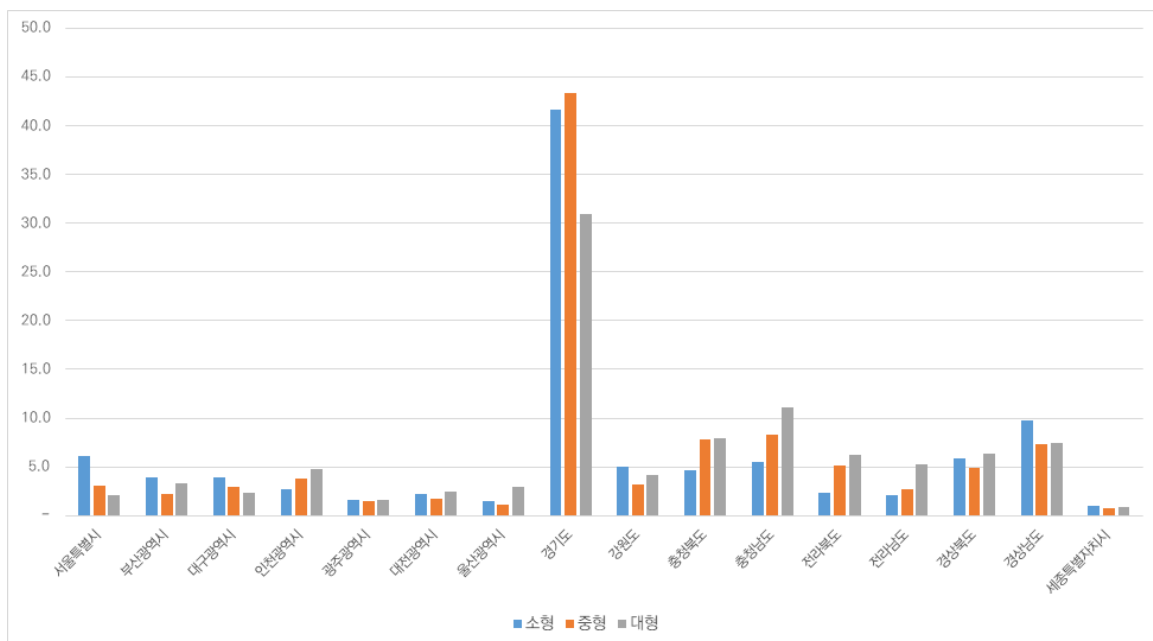
2) 고속도로 진출입 현황

- 시도별 고속도로 TG 진입기준 화물차량의 분포는 아래와 같음

<표 4-14> 시도별 톤급별 고속도로 TG 진출입 통행량

단위: 대/일

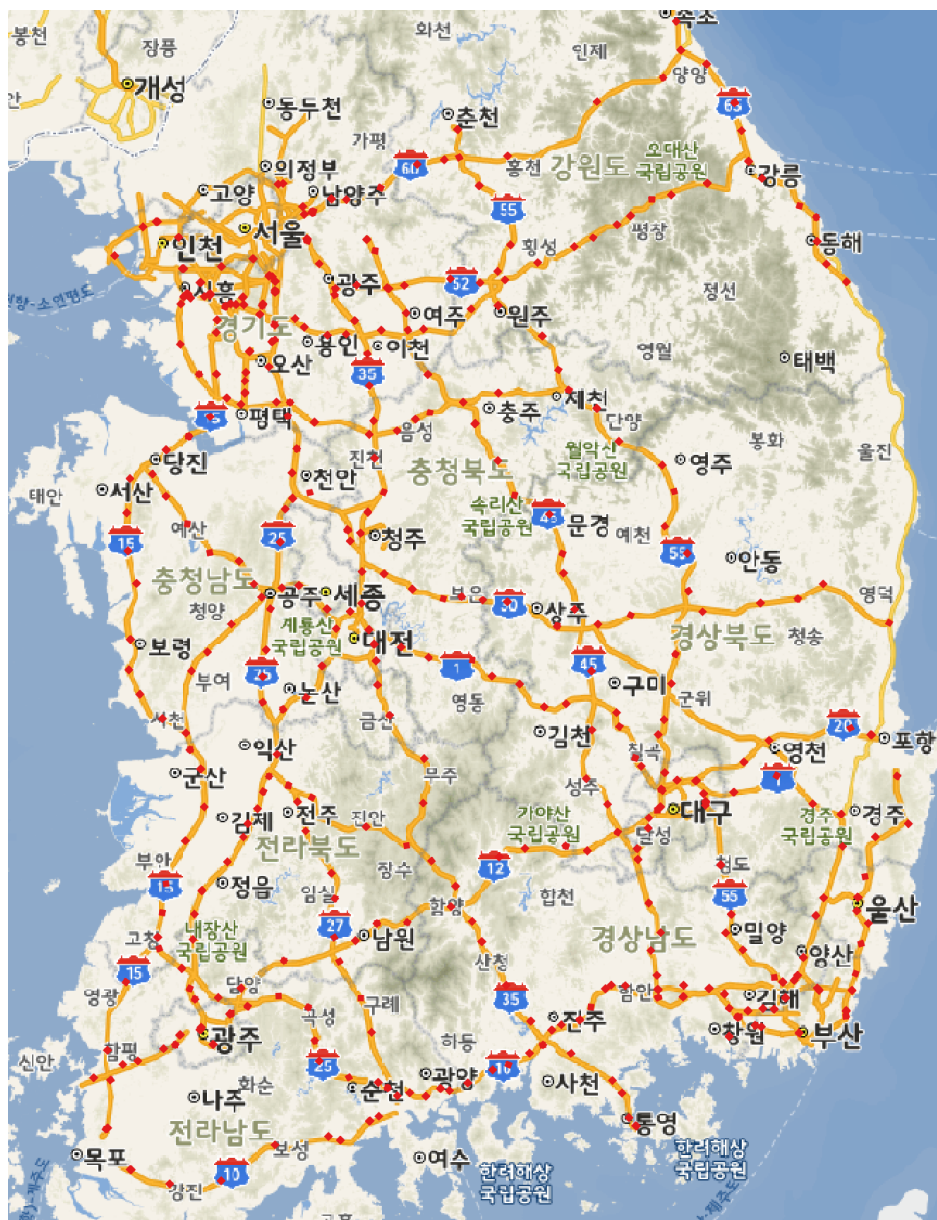
구분	진입기준				진출기준			
	소형	중형	대형	전체	소형	중형	대형	전체
서울특별시	699	759	536	1,994	854	925	612	2,391
부산광역시	448	547	855	1,850	465	559	924	1,948
대구광역시	445	723	594	1,762	502	723	579	1,804
인천광역시	307	914	1,216	2,437	278	874	1,161	2,313
광주광역시	189	371	419	979	144	372	433	949
대전광역시	261	423	627	1,311	282	417	608	1,307
울산광역시	170	284	739	1,193	192	294	814	1,300
경기도	4,768	10,516	7,859	23,143	4,606	10,520	8,016	23,142
강원도	572	780	1,050	2,402	561	784	1,035	2,380
충청북도	532	1,894	2,024	4,450	546	1,798	1,973	4,317
충청남도	633	2,010	2,829	5,472	677	1,983	2,706	5,366
전라북도	268	1,249	1,576	3,093	267	1,211	1,524	3,002
전라남도	247	658	1,330	2,235	265	673	1,336	2,274
경상북도	678	1,185	1,626	3,489	629	1,176	1,569	3,374
경상남도	1,114	1,778	1,879	4,771	1,074	1,796	1,852	4,722
세종특별자치시	122	202	236	560	111	189	251	551
전체	11,453	24,295	25,395	61,143	11,453	24,295	25,395	61,143



<그림 4-9> 시도별 톤급별 고속도로 TG 진입하는 차량의 통행비율(단위: %)

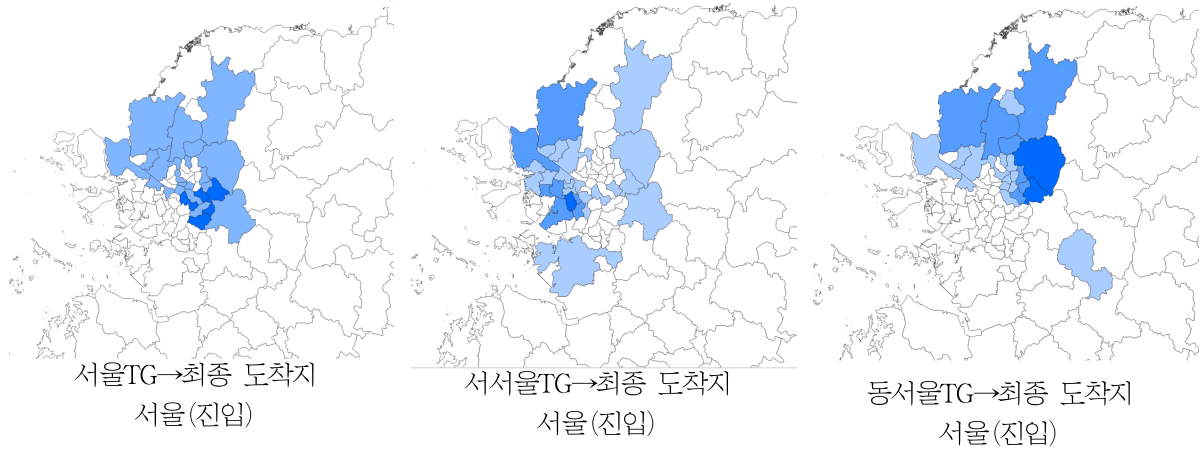
나. 고속도로 TG별 화물자동차 진출입 분포결과

- 고속도로를 이용하는 차량의 최초출발지와 최종목적지의 지역별 분포를 확인
- 서울(동서울, 서서울, 서울) TG의 경우 수도권의 다양한 지역에서 진출입통행을 하는 것으로 나타남
- 동서울 TG는 경기 하남, 경기 남양주, 경기 양주 등에서 진출입이 이루어지고, 서서울 TG는 경기 광명, 부천, 시흥 등이, 서울 TG는 서울 송파, 서초 등이 주요 진출입 차량이 발생하는 것으로 분석됨

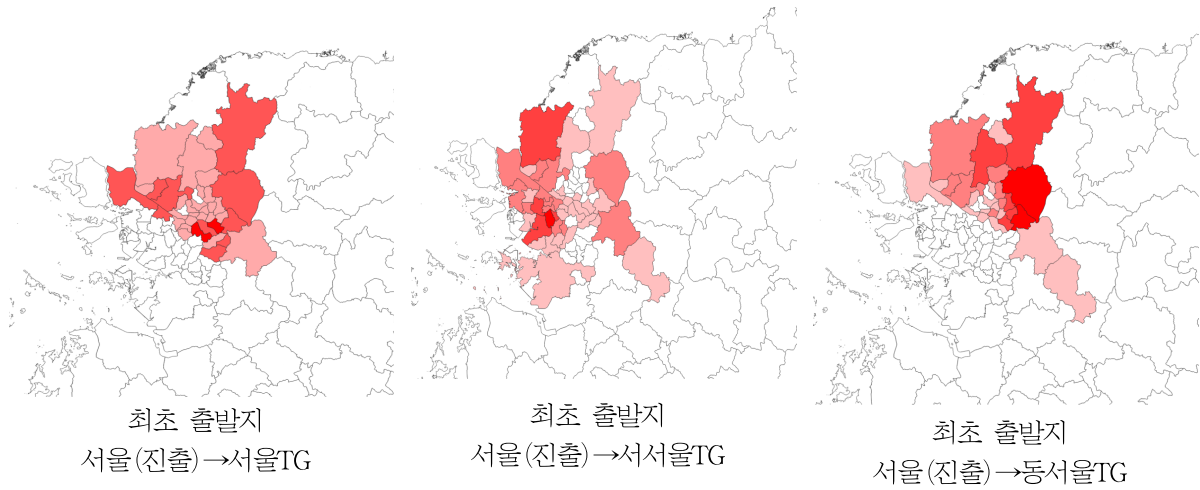


<그림 4-10> 전체 고속도로 요금소 지점(빨간 점)

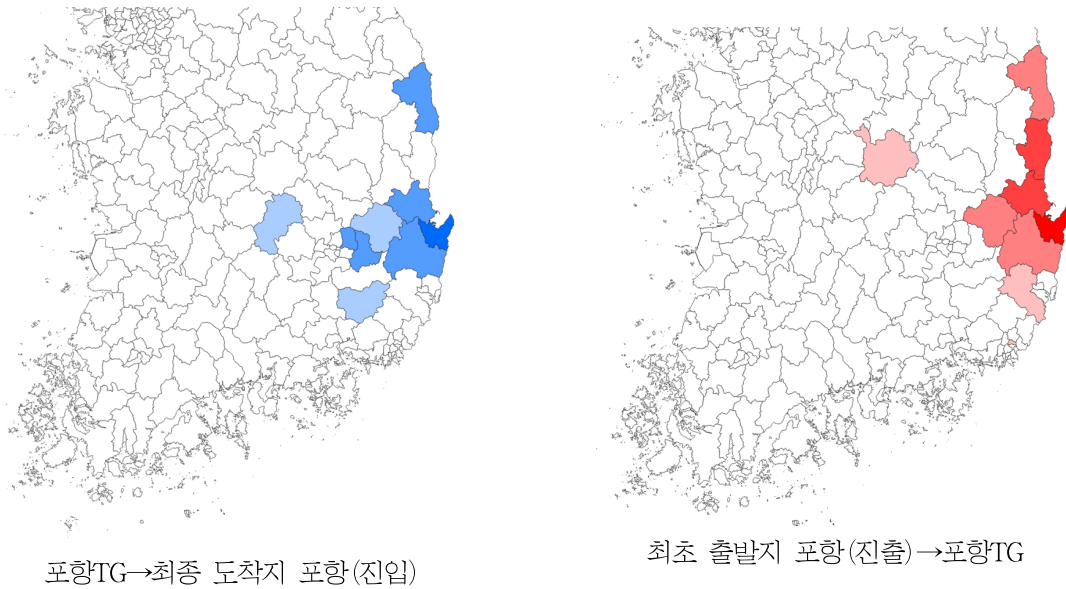
① 서울 진입 차량분포



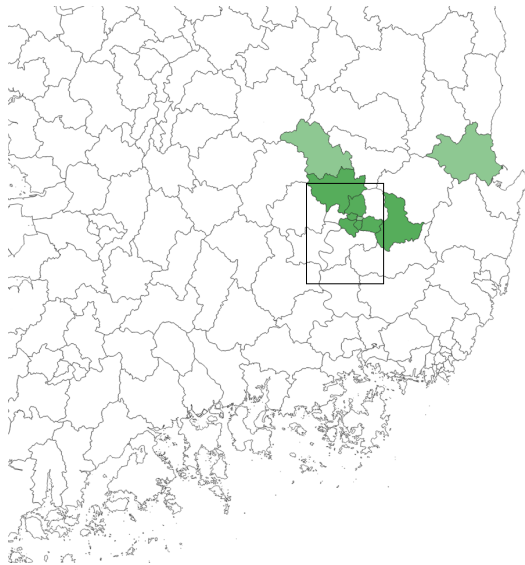
② 서울 진출 차량분포



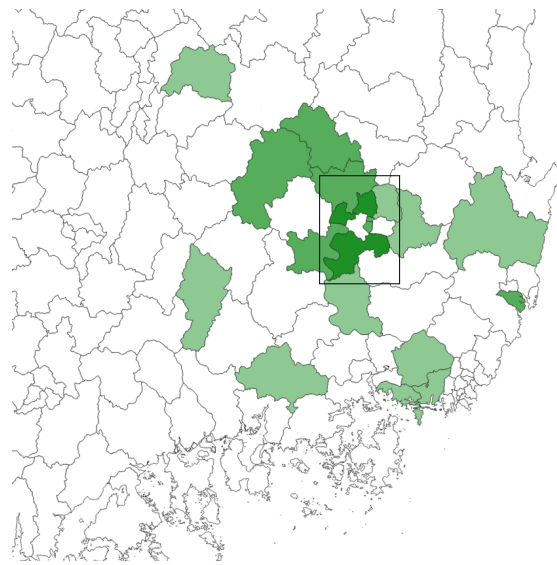
③ 포항 진입/진출 차량분포



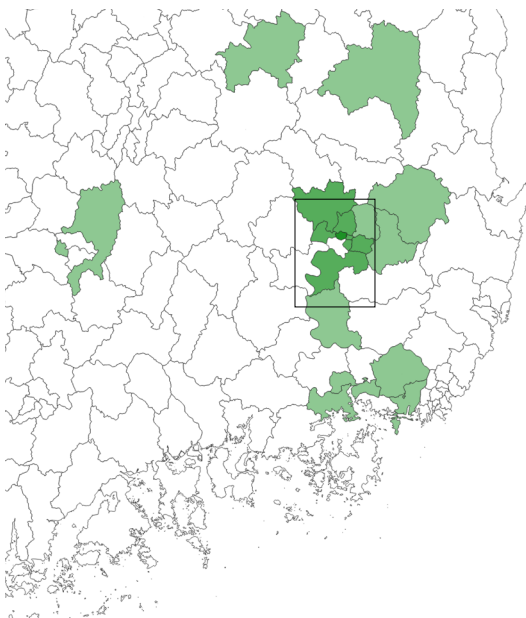
<그림 4-11> 고속도로 TG기준 화물자동차 진출입 분포(서울, 포항)



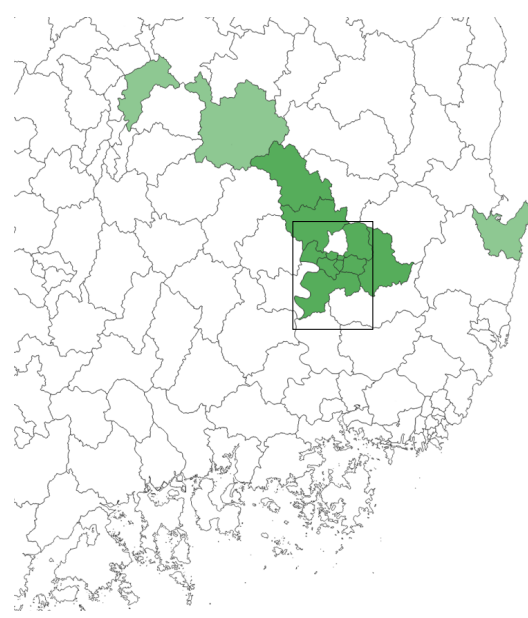
동대구TG→최종 도착지 포항(진입)



서대구TG→최종 도착지 포항(진입)



남대구TG→최종 도착지 포항(진입)



북대구TG→최종 도착지 포항(진입)

<그림 4-12> 고속도로 TG기준 화물자동차 진출입 분포(대구광역시)

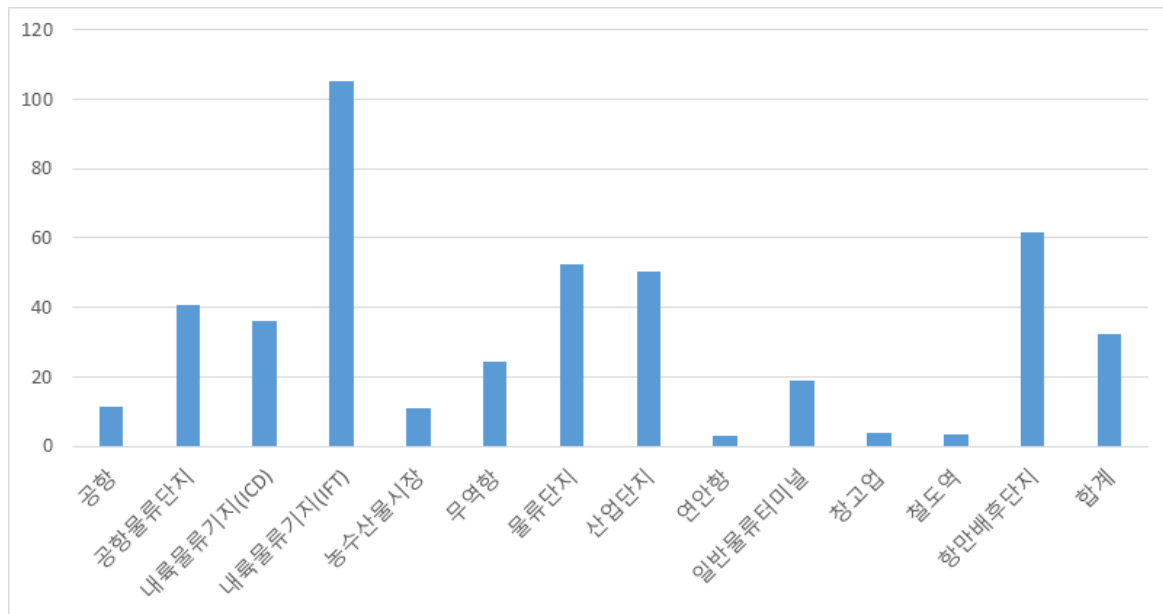
제3절 물류거점 통행량 분석

1. 화물차 운행기록계자료를 활용한 물류거점 통행량 분석

- 화물자동차가 통행하는 주요 물류거점을 대상으로 반경 (m)을 설정하여 화물차 운행 기록계 통행정보를 추출하였음
- 전체 물류거점 중 유형별로 상위 5개에 대한 거점반경을 기준으로 한 결과 항만배후 단지가 1,925m로 가장 컸으며, 그 다음으로 무역항이 1,075m로 컸음
- 물류거점대비 통행량이 높은 물류거점은 내륙물류기지 (IFT)가 높았으며, 그다음으로 항만배후단지, 물류단지, 산업단지 순으로 분석되었음

<표 4-15> 물류거점 유형별 통행량 및 거점반경

	총차량대수(대/일)	평균차량수	거점수	물류거점 반경(m)
공항	147	11.3	13	665
공항물류단지	81	40.5	2	640
내륙물류기지(ICD)	72	36.0	2	1,000
내륙물류기지(IFT)	420	105.0	4	605
농수산물시장	461	11.0	42	245
무역항	613	24.5	25	1,075
물류단지	891	52.4	17	300
산업단지	56,540	50.2	1,127	455
연안항	44	3.1	14	225
일반물류터미널	580	18.7	31	188
창고업	522	3.7	143	100
철도역	65	3.4	19	125
항만배후단지	246	61.5	4	1,925
합계	60,682	32.4	1,443	



<그림 4-13> 물류거점 유형별 평균 차량수(단위:대/거점)

- 주요 IFT, ICD 물류단지와 근접한 고속도로 요금소의 진출입 차량 분석결과, 물류거점 유형으로는 IFT를 통행하는 차량이 높고 적재능력별로는 대형차량의 진출입 통행이 높게 분석되었음

<표 4-16> 주요 물류거점별 고속도로 TG 진출입차량 분석결과

물류거점	영업소명	시도	시군구	총합	소형	중형	대형
군포IFT	동군포	경기	군포시	2,131	417	747	968
칠곡IFT	칠곡물류	경북	칠곡군	364	71	128	165
중부IFT	남청주	충북	청주시 서원구	681	133	239	309
양산IFT	물금	경남	양산시	389	76	136	177
의왕ICD	부곡	경기	의왕시	205	40	72	93
의왕ICD	의왕	경기	의왕시	581	114	204	264
장성물류	장성물류	전남	장성군	101	20	35	46

제5장 결론

제1절 결론

제2절 향후 연구과제

제5장 결론

제1절 결론

- 본 연구는 우선 빅데이터 활용 화물 기종점통행량 구축 체계 전환 방안을 수립하기 위해 화물통행실태조사와 빅데이터의 역할 및 상호대체·보완 방안 관련 문헌을 고찰함
 - Kinjarapu (2018) 연구에서는 캐나다 캘거리 지역의 화물자동차 GPS자료를 활용하여 화물차 통행 및 정차 기준 모형, 도착지 선택모형을 구축함
 - Chankaew (2018) 연구에서는 태국의 국가 화물차 GPS 자료를 바탕으로 기종점통행량을 구축하는 방법론을 구축함
- 영업용 화물자동차운행기록 자료를 이용한 영업용 화물자동차 기종점통행량 구축 방안 연구를 수행하였음
 - 영업용 화물자동차 운행기록계 전처리 과정, 자료 분석 및 통행정의 기준 설정, 기종점통행량 구축 방법론을 정립함
 - 전체적인 화물차 운행기록계 자료의 특성을 파악하기 위해 원시자료의 주요 항목에 대한 통계적 분석을 진행함
- 영업용 화물자동차 운행기록계 자료 기종점통행량 분석, 운행특성 분석, 운행특성 시각화 분석 및 기타 분석을 수행함
 - 총 통행수 및 지역별 발생량 및 도착량 분석, 영업용 화물자동차의 지역별 기종점통행량 구축, 1일 및 1주일 통행 분석, 트립체인 분석, 물류거점별 발생량 및 도착량 분석, 고속도로 휴게소 이용패턴 분석 등 다양한 분석을 수행함
- 전체 화물차 운행기록계 자료에서 고속도로 TG의 진입, 진출 정보가 모두 존재하는 차량을 대상으로 분석하였음
 - 서울(동서울, 서서울, 서울) TG의 경우 수도권의 다양한 지역에서 진출입통행을 하는 것으로 나타남
 - 동서울 TG는 경기 하남, 경기 남양주, 경기 양주 등에서 진출입이 이루어지고, 서서울 TG는 경기 광명, 부천, 시흥 등이, 서울 TG는 서울 송파, 서초 등이 주요 진출입 차량이 발생하는 것으로 분석됨

제2절 향후 연구과제

- 빅데이터를 활용한 국내외 연구가 지속적으로 이루어지고 있으므로 매년 관련 연구들에 대한 고찰도 지속적으로 이루어져야 함
- 주행거리기록계 자료 이외에 모바일 자료, 운송망 정보 자료 등 다양한 수집원 검토를 통한 기종점통행량 구축 방법론 검토가 요구되어짐
- 영업용 화물자동차 뿐만 아니라 자가용 화물자동차 기종점통행량 구축방법론에 대한 검토가 필요로 함
- 빅데이터를 활용하여 불동량 기종점통행량 구축을 위해서는 품목별 통행분포 특성을 반영하는 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것임
- 올해 연구에서는 교통안전공단에서 차량개인정보와 매칭된 화물차 운행기록계 궤적자료를 제공받아 적재능력별 차량구분이 가능하였으며 차량운행특성 또한 상세분석이 가능함
 - 앞으로 지속적으로 화물자동차 등록시스템 자료와 연계하여 차종구분의 세분성을 높이는 방안을 강구하여야 할 것임
- 영업용 화물자동차 주행기록계 자료 표본이 지속적으로 증가하므로 대용량 자료 처리를 위한 방법론 개발이 지속적으로 이루어져야 할 것임
 - 영업용 화물자동차 운행기록계 자료 이동 궤적 맵 매칭과정과 영업용 화물자동차 운행기록계 자료 분석 시스템을 구축하여 통행DB와 운행성능 DB를 구축한 과정도 지속적으로 이루어져야 할 것임

참고문헌

1. 국내문헌

- 국가교통DB센터 (2017), 국가주요교통통계.
- 국토교통부 (2014), 「교통조사지침」.
- 한국개발연구원 (2008), 「도로철도부문 사업의 예타 표준지침 수정보완 연구(5판)」.
- 한국교통연구원 (2013), 2012년 국가교통조사 및 DB구축사업, 「전국 화물O/D 전수화 및 장래예측」.
- 한국교통연구원 (2016), 2015년 국가교통조사 및 DB구축사업, 「화물통행수요추정 신뢰도 개선방안 연구」.
- 한국교통연구원 (2017), 「국가교통빅데이터사업단 내부자료」.
- 한국교통연구원 (2017), 「전국 교통수요 분석 기초자료 설명자료」.
- 한국교통연구원 (2017), 「전국 화물통행실태조사 교통원시자료 내부자료」.
- 한국교통연구원 (2018, 2019), 「빅데이터 기반의 교통수요 예측의 신뢰도 제고 연구」.

2. 국외문헌

- Akter, T. (2019). Truck Activity Pattern Classification Using Anonymous Mobile Sensor Data.
- Aggarwal, Charu C., ed. Data streams: models and algorithms. Vol. 31. Springer Science & Business Media, 2007: 129-131
- Bernardin Jr, V. L., Trevino, S., and Short, J. (2015), Expanding Truck GPS-Based Passive Origin - Destination Data in Iowa and Tennessee. Presented at 5th Conference on Innovations in Travel Modeling, Baltimore, Md.
- Camargo, P., Hong, S., and Livshits, V. (2017), Expanding the Uses of Truck GPS Data in Freight Modeling and Planning Activities. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, (2646).
- Chankaew, N., Sumalee, A., Treerapot, S., Threepak, T., Ho, H. W., &

- Lam, W. H. (2018). Freight traffic analytics from national truck GPS data in Thailand. *Transportation research procedia*, 34, 123-130.
- de Jong, Gerard, et al. "The issues in modelling freight transport at the national level." *Case Studies on Transport Policy* 4.1 (2016): 13-21.
 - E. Jacobsen and R. Lyons, The sliding DFT, *Signal Processing Magazine* vol. 20, issue 2, pp. 74-80 (March 2003)
 - Hard, E., Chigoy, B., Songchitruksa, P., Farnsworth, S., Borchardt, D., & Green, L. (2016). Synopsis of New Methods and Technologies to Collect Origin-Destination (OD) Data (No. FHWA-HEP-16-083).
 - Huang, J., Wang, L., Tian, C., Zhang, F., & Xu, C. (2014, October). Mining freight truck's trip patterns from GPS data. In *17th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)* (pp. 1988-1994). IEEE.
 - Kinjarapu, A. (2018). Analysis of Truck Travel behaviour using passive GPS data - Case study of Calgary Region, Alberta (Master's thesis, Graduate Studies).
 - Liao, C. F. (2009). Using archived truck GPS data for freight performance analysis on i-94/i-90 from the twin cities to Chicago.
 - Ludlow, D. (2017), Understanding Big Data in Freight Transportation Task Force Mission, Goals, Findings, Transportation Research Board Annual Meeting.
 - Mozaffari, Ladan, et al. "Vehicle Speed Prediction via a Sliding-Window Time Series Analysis and an Evolutionary Least Learning Machine: A Case Study on San Francisco Urban Roads." *Engineering Science and Technology, an International Journal*, vol. 18, no. 2, June 2015, pp. 150 - 62
 - Ma, X., McCormack, E. D., & Wang, Y. (2011). Processing commercial global positioning system data to develop a web-based truck performance measures program. *Transportation Research Record*, 2246(1), 92-100.
 - Ma, X., Wang, Y., McCormack, E., & Wang, Y. (2016). Understanding freight trip-chaining behavior using a spatial data-mining approach with GPS data. *Transportation Research Record*, 2596(1), 44-54.
 - Martínez-Alvaro, O., and Nuñez-González, A. (2016), Information Related to Postal Flows and Big Data Analysis Potential. The Case of Spain. *Transportation*

- research procedia, 18.
- Oka, H., Fukuda, D., & Shinohara, T. (2020). Tour Pattern Choice Modelling and Simulation of Freight Trucks in the Tokyo Metropolitan Area. *Procedia Computer Science*, 170, 708-713.
 - Pinjari, A. R., Zanjani, A. B., Thakur, A., Irmania, A., Kamali, M., Short, J., ... & Park, L. (2014). Using truck fleet data in combination with other data sources for freight modeling and planning (No. BDK84-977-20). Florida. Dept. of Transportation. Research Center.
 - Schuman, R., and Glancy, R. (2015), How Freight Probe Data is Revolutionizing the Industry.
 - Siripirote, T., Sumalee, A., & Ho, H. W. (2020). Statistical estimation of freight activity analytics from Global Positioning System data of trucks. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 140, 101986.
 - Szele, A. (2018). Estimating a light commercial vehicle OD matrix based on the vehicle tracking data of heavy good vehicles.
 - Witlox, F. (2015). "Beyond the data smog." *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal*. Vol. 35, No. 3, pp. 245-249.
 - You, S. I., & Ritchie, S. G. (2018). A GPS data processing framework for analysis of drayage truck tours. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 22(4), 1454-1465.
 - Zanjani, A. B., Pinjari, A. R., Kamali, M., Thakur, A., Short, J., Mysore, V., and Tabatabaee, S. F. (2015), Estimation of statewide origin - destination truck flows from large streams of GPS data: Application for Florida statewide model. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2(2494).
 - Zhao, P., Liu, X., Shi, W., Jia, T., Li, W., and Chen, M. (2018), An empirical study on the intra-urban goods movement patterns using logistics big data, *International Journal of Geographical Information Science*.
 - Zhao, D., Balusu, S. K., Sheela, P. V., Li, X., Pinjari, A. R., & Eluru, N. (2020). Weight-categorized truck flow estimation: A data-fusion approach and a

Florida case study. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 136, 101890.