

2014년 「국가교통조사 및 DB구축사업」

# 교 통 망 성 능 평 가 연 구

11





# 제 출 문

국토교통부장관 귀하

본 보고서를 국가정보화사업 중 「2014년도 국가교통조사 및 DB구축사업」의 최종보고서로 제출합니다.

2014년 12월

한국교통연구원

원장 이 창 운

**본 『2014년도 국가교통조사 및 DB구축사업』은 다음  
연구진에 의해 수행되었습니다.**

**참 여 연 구 진**

<b>&lt;한국교통연구원&gt;</b>	
연구책임자	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 김찬성 연구위원</li> </ul>
연 구 진	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 박인기, 최정민 , 정경옥 연구위원</li> <li>◦ 조종석, 박민철, 박용일, 박상준, 이석주, 김주영, 김희경, 황순연, 홍다희, 천승훈, 연지윤, 장동익, 한진석, 김병관 부연구위원</li> <li>◦ 신영권, 성홍모, 김동호, 김진우, 김규진, 김정은, 강국수, 강재원, 고두환, 김관용, 김성민, 김은미, 김진오, 김형범, 박미란, 박준호, 박흥주, 변상진, 손강주, 서창범, 신동찬, 오연선, 이선아, 정승연, 정재훈, 정창욱, 정현진, 주진호, 최서윤, 탁지훈, 홍성표 연구원</li> <li>◦ 신지현 연구조원</li> <li>◦ 전윤미, 나선영, 소윤종, 윤황섭, 박선임</li> </ul>
<b>&lt;한국해양수산개발원&gt;</b>	
연 구 진	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 이호춘 전문연구원</li> <li>◦ 이건우 전문연구원</li> <li>◦ 반영길, 김혜주 연구원</li> </ul>

# 『2014년도 국가교통조사 및 DB구축사업』

## 보고서 구성 및 담당연구진

번 호	과 제 명	연 구 진
제 1권	요약보고서	박용일, 황순연, 정경옥, 신영권 김규진, 박준호, 신동찬, 정재훈
제 2권	전국 여객 O/D 보완갱신 연구	박인기, 조종석, 김병관, 강국수, 박미란, 이선아, 탁지훈
제 3권	여객 O/D 조사방법론 개선방안 연구	조종석, 김동호, 정현진
제 4권	여객교통수요 신뢰도 개선방안 연구	천승훈, 김동호, 김성민, 강국수 이선아, 김관용, 탁지훈
제 5권	장래교통계획DB 구축 및 실행방안 연구	김희경, 서창범, 정창욱
제 6권	국가교통DB 사후평가	김주영, 박흥주
제 7권	화물 O/D 보완갱신 연구	박민철, 강재원, 김형범, 변상진
제 8권	물류거점 화물실태조사	박민철, 한진석, 김형범, 변상진
제 9권	해상화물 O/D 보완갱신 및 방법론 연구	이호춘, 이건우, 반영길, 김혜주
제10권	교통시설 인프라 조사 및 교통주제도 구축	최정민, 정승연, 김은미
제11권	교통망 성능평가 연구	홍다희, 손강주, 김진오, 최서윤
제12권	교통유발원단위 조사연구	황순연, 오연선, 고두환
제13권	교통수단 이용실태조사 연구	연지윤, 김정은, 주진호
제14권	특별교통통행실태조사 연구	성흥모, 홍성표
제15권	교통비용 및 온실가스 DB 구축 연구	연지윤, 김정은, 주진호
제16권	대용량교통정보시스템 구축 및 분석	천승훈, 이석주, 장동익, 김진우 김성민

## 『2014년도 국가교통조사 및 DB구축사업』

### 과제별 공동참여·위탁용역 사업자

#### 【공동사업 참여기관】

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

#### 【위탁용역 사업자】

- 2014년 국가교통DB점검단 운영지원
  - (사)교통투자평가협회
- 교통수단이용실태조사
  - ㈜메트릭스코퍼레이션
- 전국 지역간 여객O/D 조사방법론 개선방안 연구
  - 홍익대학교
- 대도시권 여객O/D 조사방법론 개선방안 연구
  - 경기개발연구원
- 2014년 교통주제도 구축
  - ㈜팀지오&중앙항업(주) 컨소시엄
- 물류거점 화물실태조사
  - ㈜메트릭스코퍼레이션, 부경대
- 국가교통DB-Brief 발간대행
  - ㈜피그마리온

## 【위탁용역 사업자】

- 여객교통수요 신뢰도 개선방안 연구(시외유출입 교통량조사)
  - 동해엔지니어링, 한국교통량데이터베이스, 도시데이터시스템
- 광역시 교통네트워크 성능평가체계 구축 및 분석
  - 서울시립대 산학협력단
- KTDB 전산 인프라 유지보수
  - 아이넷시스템즈
- 첨단자료를 이용한 교통분석용 네트워크 구축방안 연구
  - 현대엠엔소프트(주)
- 특별교통통행실태조사 및 이용자 만족도 조사
  - ㈜리서치랩
- 빅데이터 기반 교통예보를 위한 핵심 요소기술 개발
  - 큐빅웨어&서울대학교
- 장래교통계획 DB 시작품 제작
  - 팀지오
- 첨단자료를 활용한 여객교통수요 신뢰도 개선방안 연구
  - 명지대학교, 큐빅웨어
- Car Navigation 자료를 이용한 교통혼잡지도 검증 및 고도화 연구
  - 서울대학교, 큐빅웨어
- 복합용도시설 교통유발원단위조사
  - 아이로드테크
- 국민생활시설 교통실태 설문조사
  - 네오알앤에스
- 교통유발원단위조사
  - 도시데이터시스템
- 복합용도시설 교통유발통행실태조사
  - 나이스알앤씨

<b>【자문용역 사업자】</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• 전국 장래 시군 및 읍면동 인구예측에 관한 연구<ul style="list-style-type: none"><li>- 고려대 김기환교수</li></ul></li><li>• 교통유발원단위조사 표본설계 연구<ul style="list-style-type: none"><li>- 경기대 이상은교수, 한국외대 신기일교수</li></ul></li><li>• 효율적인 차량주행거리 산정방법론의 확대방안 연구<ul style="list-style-type: none"><li>- 충북대학교 산학협력단</li></ul></li><li>• 물류시설사업 평가방법론 사례연구<ul style="list-style-type: none"><li>- 한국교통정책경제학회</li></ul></li></ul>

## 최종보고서 목차

- 제 1권 요약보고서
- 제 2권 전국 여객 O/D 보완갱신 연구
- 제 3권 여객 O/D 조사방법론 개선방안 연구
- 제 4권 여객교통수요 신뢰도 개선방안 연구
- 제 5권 장래교통계획DB 구축 및 실행방안 연구
- 제 6권 국가교통DB 사후평가
- 제 7권 화물 O/D 보완갱신 연구
- 제 8권 물류거점 화물실태조사
- 제 9권 해상화물 O/D 보완갱신 및 방법론 연구
- 제 10권 교통시설 인프라 조사 및 교통주제도 구축
- 제 11권 교통망 성능평가 연구
- 제 12권 교통유발원단위 조사연구
- 제 13권 교통수단 이용실태조사 연구
- 제 14권 특별교통통행실태조사 연구
- 제 15권 교통비용 및 온실가스 DB 구축 연구
- 제 16권 대용량교통정보시스템 구축 및 분석





# 목 차

## 요 약

제1장 과업의 개요 .....	1
------------------	---

제1절 과업의 배경 및 목적 / 3	
---------------------	--

제2절 과업의 범위 및 내용 / 6	
---------------------	--

제3절 과업의 성과 및 기대효과 / 8	
-----------------------	--

제2장 기존 연구문헌 고찰 .....	9
----------------------	---

제1절 차량주행거리 산정사례 / 11	
----------------------	--

제2절 차량주행거리 산정방법론 / 20	
-----------------------	--

제3절 시사점 / 34	
--------------	--

제3장 차량주행거리 산정방법론 정립 .....	37
---------------------------	----

제1절 개요 / 39	
-------------	--

제2절 지역간 차량주행거리 산정방법 / 41	
--------------------------	--

제3절 도시부 차량주행거리 산정방법 / 50	
--------------------------	--

제4절 검증 및 민감도 분석방법 / 72	
------------------------	--

제4장 지역간 도로의 차량주행거리 산정 .....	75
-----------------------------	----

제1절 지역간 도로 및 수집교통DB현황 / 77	
----------------------------	--

제2절 차량주행거리 산정을 위한 소구간 설정 / 85	
-------------------------------	--

제3절 차량주행거리 산정방안 / 96	
----------------------	--

제4절 지역간 도로의 차량주행거리 / 97	
-------------------------	--

제5절 기존 지역간도로 차량주행거리와의 비교 / 113	
--------------------------------	--

제6절 소결 / 121	
--------------	--

제5장 6대 광역시의 차량주행거리 산정 .....	123
-----------------------------	-----

제1절 6대 광역시 및 수집교통 DB 현황 / 125	
-------------------------------	--

제2절 교통량 추정 및 차량주행거리 산정 / 145

제3절 민감도 분석 / 181

제4절 소결 / 189

**제6장 차량주행거리를 활용한 지표개발 ..... 191**

제1절 차량주행거리 관련 지표 / 193

제2절 도시별 비교 및 분석 / 200

제3절 시사점 / 224

**제7장 차량주행거리 산정을 위한 가이드 ..... 225**

제1절 자료수집의 한계 및 개선방안 / 227

제2절 인구 100만 이상 도시의 차량주행거리 산정 가이드라인 / 233

**제8장 결론 및 정책제언 ..... 237**

제1절 연구결과 / 239

제2절 정책제언 / 241

**참 고 문 헌 ..... 243**

## 표 목 차

〈표 2- 1〉 국내외 차량주행거리 추정방법론 비교 .....	19
〈표 2- 2〉 AADT 추정 오차발생 원인별 분석내용 .....	21
〈표 2- 3〉 AADT 범위에 따른 Volume Group .....	25
〈표 2- 4〉 표본그룹별 표본크기 결정결과(예시) .....	26
〈표 2- 5〉 도시유형별 교통량 조사지점수 산정 결과 .....	27
〈표 2- 6〉 본 연구의 세부내용 .....	29
〈표 2- 7〉 AADT 추정치 검증결과 .....	30
〈표 2- 8〉 본 연구의 세부내용 .....	32
〈표 2- 9〉 AADT 추정치 검증결과 .....	32
〈표 2-10〉 선행연구 검토결과(종합) .....	33
〈표 3- 1〉 지역간 도로의 차량주행거리 산정을 위한 도로유형별 교통량 DB현황 .....	43
〈표 3- 2〉 혼잡지도 분석맵 링크현황 .....	44
〈표 3- 3〉 교통주제도 제공 자료 목록 .....	51
〈표 3- 4〉 ITS 표준노드링크 제공 자료 목록 .....	52
〈표 3- 5〉 도시지역 도로의 개략적 특성 및 도로기능 구분결과 .....	58
〈표 3- 6〉 본 연구에서 설정한 기준에 따른 도로 기능 구분 결과 (인천광역시 대상) .....	59
〈표 3- 7〉 도로기능 분류 시 발생가능 경우 .....	59
〈표 3- 8〉 자동차주행거리 교통축 설정 시 도로 분류 .....	60
〈표 3- 9〉 변수 수준별 상관계수의 산출통계방법 .....	64
〈표 3-10〉 공간통계기법 적용을 위한 자료수집 .....	67
〈표 4- 1〉 한국도로공사 운영노선(도공+수탁민자) .....	78
〈표 4- 2〉 한국도로공사 비운영노선(민자) .....	79
〈표 4- 3〉 국가교통정보센터 자료구조 .....	82
〈표 4- 4〉 국가교통정보센터 일반국도 링크 개수 및 연장 현황 .....	82
〈표 4- 5〉 국가교통정보센터 제공 국지도 및 지방도 링크개수 및 연장 현황 .....	83
〈표 4- 6〉 교통량 조사지점 .....	84
〈표 4- 7〉 혼잡지도 분석맵 링크현황 .....	85
〈표 4- 8〉 주제도 링크속성 .....	86
〈표 4- 9〉 분석용 네트워크 링크속성 .....	87
〈표 4-10〉 소구간 설정기준 .....	88

〈표 4-11〉 도로유형별 소구간 개수 .....	90
〈표 4-12〉 소구간 설정결과 .....	90
〈표 4-13〉 지역간 도로의 차량주행거리 산출물 .....	97
〈표 4-14〉 도로유형별 차량주행거리 .....	98
〈표 4-15〉 도로유형별 총 연장 .....	98
〈표 4-16〉 지역별 차량주행거리 .....	99
〈표 4-17〉 타당성조사지침 및 KTDB 5종 차종분류 기준 .....	101
〈표 4-18〉 한국건설기술연구원 12종 차종분류 상세내역 .....	102
〈표 4-19〉 한국도로공사 5종 차종분류기준 .....	104
〈표 4-20〉 본 연구 적용 차종분류기준 .....	105
〈표 4-21〉 차종별(3종) 차량주행거리 .....	106
〈표 4-22〉 차종별(5종) 차량주행거리 .....	106
〈표 4-23〉 지역별 도로유형별 차량주행거리 .....	107
〈표 4-24〉 지역별 차종별(3종) 차량주행거리 .....	109
〈표 4-25〉 지역별 차종별(5종) 차량주행거리 .....	110
〈표 4-26〉 도로유형별 차종별(3종) 차량주행거리 .....	111
〈표 4-27〉 도로유형별 차종별(5종) 차량주행거리 .....	112
〈표 4-28〉 한국도로공사 권역별 주행거리(개방식) .....	114
〈표 4-29〉 한국도로공사 권역별 주행거리(폐쇄식) .....	115
〈표 4-30〉 한국건설기술연구원 고속국도 총 주행거리 .....	117
〈표 4-31〉 한국건설기술연구원 일반국도 총 주행거리 .....	117
〈표 4-32〉 한국건설기술연구원 지방도 및 국지도 총 주행거리 .....	118
〈표 4-33〉 한국도로공사의 차량주행거리 결과 비교 .....	119
〈표 4-34〉 한국건설기술연구원의 차량주행거리 결과 비교 .....	120
〈표 4-35〉 도로유형별 총 연장 .....	120
〈표 5- 1〉 6대 광역시 사회경제지표 (2013년 기준) .....	127
〈표 5- 2〉 6대 광역시 도로등급별 연장 현황 .....	129
〈표 5- 3〉 6대 광역시 도로밀도 (2013년 기준) .....	129
〈표 5- 4〉 도로현황자료 구축 .....	130
〈표 5- 5〉 차량주행거리 추정에 필요한 링크속성DB의 구축 현황 .....	131
〈표 5- 6〉 6대 광역시 ITS검지기 및 ITS검지기 교통량 수집 현황 .....	132

〈표 5- 7〉 6대 광역시 현장조사 교통DB 구축 결과 .....	133
〈표 5- 8〉 도시별 교통량 및 통행속도 수집현황 .....	135
〈표 5- 9〉 6대 광역시 도로기능 세분화 검정결과 .....	146
〈표 5-10〉 6대광역시 교통축 설정 결과 .....	146
〈표 5-11〉 도시별 단위구간 수집 DB자료 현황 .....	150
〈표 5-12〉 도시별 HPMS방법 적용시 교통량 및 총VKT 추정 결과 .....	155
〈표 5-13〉 광역시 별 교통량과 설명변수 간 상관관계 분석 결과 .....	157
〈표 5-14〉 회귀모형 추정 결과 .....	158
〈표 5-15〉 회귀모형을 적용한 교통량 추정 오차율 분포 .....	160
〈표 5-16〉 HPMS와 회귀모형 교통량 및 VKT 추정 오차 비교 .....	161
〈표 5-17〉 교통량(AADT) 규모별 회귀모형 오차율 분포 .....	162
〈표 5-18〉 교통량 가중 MAPE .....	164
〈표 5-19〉 도시별 회귀모형에 대한 오차 및 오차율 분석 .....	165
〈표 5-20〉 내부/외부 분리 회귀모형 추정결과와 도로기능별 단위구간 오차율 분포 .....	170
〈표 5-21〉 내부/외부 분리 회귀모형 추정결과와 교통량 규모별 단위구간 오차율 분포 .....	171
〈표 5-22〉 6대광역시 교통량 및 VKT 추정 결과 .....	173
〈표 5-23〉 회귀크리깅 적용 후 교통량 및 VKT 추정값 산정 결과 .....	174
〈표 5-24〉 도시부 총 차량주행거리 산정 결과 .....	176
〈표 5-25〉 도시부 총 차량주행거리 적정성 검토결과 .....	180
〈표 5-26〉 교통량 추정 회귀크리깅 민감도 분석 결과 .....	183
〈표 5-27〉 총 VKT 민감도 분석 결과 .....	187
〈표 6- 1〉 17개 특별·광역시·도 .....	193
〈표 6- 2〉 지역별 재차인원 .....	195
〈표 6- 3〉 지역별 인구수 및 경제인구수 .....	196
〈표 6- 4〉 지역별 연료소모량 .....	196
〈표 6- 5〉 지역별 차량등록대수 .....	197
〈표 6- 6〉 지역별 lane·km .....	198
〈표 6- 7〉 지역별 용도면적 .....	199
〈표 6- 8〉 여객 차량주행거리 .....	200
〈표 6- 9〉 지역별 인구 1인당 차량주행거리, 경제인구 1인당 차량주행거리 .....	201
〈표 6-10〉 지역별 연료소모량 대비 차량주행거리 .....	202

〈표 6-11〉 지역별 차량등록대수 대비 차량주행거리 .....	203
〈표 6-12〉 지역별 Lane·km 대비 차량주행거리 .....	204
〈표 6-13〉 지역별 용도면적 대비 차량주행거리 .....	205
〈표 6-14〉 도시별 차종비율 .....	206
〈표 6-15〉 도시부 차종별 차량주행거리 및 여객주행거리 .....	208
〈표 6-16〉 도시부 1인당 1일 평균 승용차이동거리 .....	209
〈표 6-17〉 지역별 인구 1인당 차량주행거리, 경제인구 1인당 차량주행거리 .....	209
〈표 6-18〉 지역별 연료소모량 대비 차량주행거리 .....	210
〈표 6-19〉 지역별 차량등록대수 대비 차량주행거리 .....	211
〈표 6-20〉 도시별 Lane·km 대비 차량주행거리 .....	211
〈표 6-21〉 지역별 용도면적 대비 차량주행거리 .....	212
〈표 6-22〉 산출방법에 따른 지역 차량주행거리 .....	216
〈표 6-23〉 도시별 전체도로 및 단위구간 길이 .....	216
〈표 6-24〉 도시별 차량등록대수x도로연장 .....	216
〈표 6-25〉 도시별 Lane·km .....	216
〈표 6-26〉 도시별 도로연장 대비 총 차량주행거리 .....	218
〈표 6-27〉 도시별 차량등록대수 당 차량주행거리 .....	219
〈표 6-28〉 도시별 차량등록대수*도로연장 대비 총 차량주행거리 .....	220
〈표 6-29〉 도시별 보정된 교통안전공단 산정 차량주행거리 .....	222
〈표 6-30〉 도시별 차량주행거리 비교 결과 .....	223

## 그림목차

〈그림 2- 1〉 HPMS의 VMT 산정 절차 .....	15
〈그림 2- 2〉 대표구간의 Coverage에 따른 오차율 분석결과 .....	22
〈그림 2- 3〉 Sampling 과정 .....	23
〈그림 2- 4〉 단위구간 설정 예시 .....	23
〈그림 2- 5〉 단위구간 분류과정 .....	24
〈그림 2- 6〉 HPMS의 Sampling 과정 .....	25
〈그림 2- 7〉 교통량 추정과정 .....	28
〈그림 3- 1〉 지역간 도로의 차량주행거리 산정절차 .....	42
〈그림 3- 2〉 혼잡지도 분석맵의 도로구간 분리 기준 예시 .....	44
〈그림 3- 3〉 고속국도 소구간 설정 적용 예시 .....	45
〈그림 3- 4〉 동일 도로유형의 다른 도로번호와 교차하는 소구간 .....	46
〈그림 3- 5〉 다른 도로유형과 교차하는 소구간 .....	46
〈그림 3- 6〉 고속국도의 지역간 차량주행거리 산정방안 .....	47
〈그림 3- 7〉 일반국도의 지역간 차량주행거리 산정방안 .....	48
〈그림 3- 8〉 차량주행거리 산정방법 및 절차 .....	50
〈그림 3- 9〉 현장조사 Data의 GIS Mapping 작업 절차 .....	55
〈그림 3-10〉 교통량 자료 GIS Mapping 과정 개념도 .....	55
〈그림 3-11〉 교통축 설정과정 .....	56
〈그림 3-12〉 단위구간 내 교통DB 보정 .....	61
〈그림 3-13〉 주어진 자료값()의 위치와 예측지점값() .....	65
〈그림 3-14〉 공간통계기법 적용과정 .....	66
〈그림 3-15〉 일정한 문턱값을 갖는 전형적인 반베리오그램 .....	67
〈그림 3-16〉 회귀크리깅 모형 개념도 .....	70
〈그림 3-17〉 회귀크리깅을 이용한 차량주행거리 산정과정 .....	71
〈그림 3-18〉 민감도 분석 절차 .....	72
〈그림 4- 1〉 고속국도 소구간 설정 적용 예시 .....	88
〈그림 4- 2〉 동일 도로유형의 다른 도로번호와 교차하는 소구간 .....	89
〈그림 4- 3〉 다른 도로유형과 교차하는 소구간 .....	89
〈그림 4- 4〉 고속국도 소구간과 교통량 검지기 매칭결과 .....	92
〈그림 4- 5〉 일반국도 소구간과 교통량 검지기 매칭결과 .....	93

〈그림 4- 6〉 국지도 소구간과 교통량 검지기 매칭결과 .....	94
〈그림 4- 7〉 지방도 소구간과 교통량 검지기 매칭결과 .....	95
〈그림 4- 8〉 도로유형별 차량주행거리 .....	98
〈그림 4- 9〉 지역별 차량주행거리 .....	100
〈그림 4-10〉 지역별 차량주행거리 비율 .....	100
〈그림 4-11〉 지역별 도로유형별 차량주행거리 .....	107
〈그림 4-12〉 지역별 도로유형별 차량주행거리 비율 .....	108
〈그림 4-13〉 지역별 차종별(3종) 차량주행거리 .....	109
〈그림 4-14〉 지역별 차종별(5종) 차량주행거리 .....	110
〈그림 4-15〉 도로유형별 차종별(3종) 차량주행거리 .....	111
〈그림 4-16〉 도로유형별 차종별(5종) 차량주행거리 .....	112
〈그림 5- 1〉 인천광역시 행정구역 .....	125
〈그림 5- 2〉 대전광역시 행정구역 .....	125
〈그림 5- 3〉 광주광역시 행정구역 .....	126
〈그림 5- 4〉 부산광역시 행정구역 .....	126
〈그림 5- 5〉 울산광역시 행정구역 .....	126
〈그림 5- 6〉 대구광역시 행정구역 .....	126
〈그림 5- 7〉 인천광역시 ITS검지기 Data GIS Mapping .....	136
〈그림 5- 8〉 인천광역시 현장조사 Data GIS Mapping .....	136
〈그림 5- 9〉 인천광역시 Data GIS Mapping .....	137
〈그림 5-10〉 대전광역시 ITS검지기 Data GIS Mapping .....	137
〈그림 5-11〉 대전광역시 현장조사 Data GIS Mapping .....	138
〈그림 5-12〉 대전광역시 Data GIS Mapping .....	138
〈그림 5-13〉 광주광역시 ITS검지기 Data GIS Mapping .....	139
〈그림 5-14〉 광주광역시 현장조사 Data GIS Mapping .....	139
〈그림 5-15〉 광주광역시 Data GIS Mapping .....	140
〈그림 5-16〉 부산광역시 ITS검지기 Data GIS Mapping .....	140
〈그림 5-17〉 부산광역시 현장조사 Data GIS Mapping .....	141
〈그림 5-18〉 부산광역시 Data GIS Mapping .....	141
〈그림 5-19〉 울산광역시 ITS검지기 Data GIS Mapping .....	142
〈그림 5-20〉 울산광역시 현장조사 Data GIS Mapping .....	142



〈그림 5-21〉 울산광역시 Data GIS Mapping .....	143
〈그림 5-22〉 대구광역시 ITS검지기 Data GIS Mapping .....	143
〈그림 5-23〉 대구광역시 현장조사 Data GIS Mapping .....	144
〈그림 5-24〉 대구광역시 Data GIS Mapping .....	144
〈그림 5-25〉 인천광역시 교통축 .....	148
〈그림 5-26〉 대전광역시 교통축 .....	148
〈그림 5-27〉 광주광역시 교통축 .....	148
〈그림 5-28〉 부산광역시 교통축 .....	148
〈그림 5-29〉 울산광역시 교통축 .....	149
〈그림 5-30〉 대구광역시 교통축 .....	149
〈그림 5-31〉 인천광역시 교통량수집 단위구간 .....	151
〈그림 5-32〉 대전광역시 교통량수집 단위구간 .....	151
〈그림 5-33〉 광주광역시 교통량수집 단위구간 .....	151
〈그림 5-34〉 부산광역시 교통량수집 단위구간 .....	151
〈그림 5-35〉 울산광역시 교통량수집 단위구간 .....	152
〈그림 5-36〉 대구광역시 교통량수집 단위구간 .....	152
〈그림 5-37〉 인천광역시 교통량별 오차율 .....	163
〈그림 5-38〉 대전광역시 교통량별 오차율 .....	163
〈그림 5-39〉 광주광역시 교통량별 오차율 .....	163
〈그림 5-40〉 부산광역시 교통량별 오차율 .....	163
〈그림 5-41〉 울산광역시 교통량별 오차율 .....	163
〈그림 5-42〉 대구광역시 교통량별 오차율 .....	163
〈그림 5-43〉 인천광역시 회귀 추정교통량 오차율 .....	166
〈그림 5-44〉 대전광역시 회귀 추정교통량 오차율 .....	166
〈그림 5-45〉 광주광역시 회귀 추정교통량 오차율 .....	166
〈그림 5-46〉 부산광역시 회귀 추정교통량 오차율 .....	166
〈그림 5-47〉 울산광역시 회귀 추정교통량 오차율 .....	167
〈그림 5-48〉 대구광역시 회귀 추정교통량 오차율 .....	167
〈그림 5-49〉 인천광역시 중심부 거리별 오차율 .....	168
〈그림 5-50〉 대전광역시 중심부 거리별 오차율 .....	168
〈그림 5-51〉 울산광역시 중심부 거리별 오차율 .....	168

〈그림 5-52〉 인천광역시 도시부 총 차량주행거리 .....	177
〈그림 5-53〉 대전광역시 도시부 총 차량주행거리 .....	177
〈그림 5-54〉 광주광역시 도시부 총 차량주행거리 .....	177
〈그림 5-55〉 부산광역시 도시부 총 차량주행거리 .....	177
〈그림 5-56〉 울산광역시 도시부 총 차량주행거리 .....	178
〈그림 5-57〉 대구광역시 도시부 총 차량주행거리 .....	178
〈그림 5-58〉 인천광역시 교통량 추정 민감도 분석 결과 .....	182
〈그림 5-59〉 대전광역시 교통량 추정 민감도 분석 결과 .....	182
〈그림 5-60〉 광주광역시 교통량 추정 민감도 분석 결과 .....	182
〈그림 5-61〉 부산광역시 교통량 추정 민감도 분석 결과 .....	182
〈그림 5-62〉 울산광역시 교통량 추정 민감도 분석 결과 .....	182
〈그림 5-63〉 대구광역시 교통량 추정 민감도 분석 결과 .....	182
〈그림 6- 1〉 도시별 차종비율 .....	207
〈그림 6- 2〉 도시부 차종별 차량주행거리 및 여객주행거리 .....	208
〈그림 6- 3〉 도시부 승용차이동거리 .....	209
〈그림 6- 4〉 지역별 인구 1인당 차량주행거리, 경제인구 1인당 차량주행거리 .....	210
〈그림 6- 5〉 지역별 차량등록대수 대비 차량주행거리 .....	211
〈그림 6- 6〉 지역별 토지용도면적 대비 차량주행거리 .....	212
〈그림 7- 1〉 인천광역시 부평구와 부평구 부개1동 집계구 단위 인구통계 .....	230
〈그림 7- 2〉 100만급 이상도시 대상 차량주행거리 산정 가이드 .....	235

요약





## 요 약

### 1. 과업의 개요

#### 가. 과업의 배경 및 목적

##### 1) 과업의 배경

- 우리나라는 뛰어난 교통IT기술과 다양한 정보원(Source)이 있음에도 불구하고, 활용 측면에서는 미흡한 실정임
- 상기한 교통 Data들이 양적으로나 잠재적 활용 가치는 풍부하나(Data rich), 아직까지 정책에 필요한 정보로, 가공된 결과(Information poor)로는 생성되지 못하고 있는 실정임
- 차량주행거리의 산정의 중요성이 부각됨에 따라 이와 관련한 연구가 수행되고 있으나, 아직은 미흡한 실정임
- 교통Data 수집·분석 및 교통망성능평가는 교통정책의 투명성을 제고하고, 예산의 효율적인 분배 및 활용에 필수적인 요소임
- 그러나 아직까지 우리나라는 교통Data 수집·공유·분석 및 교통망성능평가의 중요성에 반해, 필요성에 대한 인식이 낮은 수준임

##### 2) 과업의 목적

- 본 연구는 불충분한 교통량 자료를 활용하여 차량주행거리를 추정하고, 기 구축되어 있는 교통Data를 통해 개별 교통수단별 교통지표를 정의하고 지표산출방안을 제시하는 것을 목적으로 함
- 향후 전국으로의 차량주행거리 추정방안을 검토하고, 현재 자료수집의 한계를 검토하고자 함

## 나. 과업의 범위 및 내용

### 1) 과업의 범위

- 본 연구의 지역간 도로의 공간적 범위는 전국이며, 지역내 도시부 도로의 공간적 범위는 광역시를 대상으로 함
- 본 연구의 시간적 범위는 2013년 기준으로 하며, 필요에 따라 가장 최신의 자료를 활용함
- 내용적 범위
  - 전국 고속국도, 일반국도, 지방도, 국지도(국가지원지방도)의 차량주행거리(VKT) 산정
  - 도로유형별, 지역별, 차종별 차량주행거리(VKT) 산정
  - 6대 광역시 지역 내 자동차주행거리(VKT) 산정
  - 지역간 도로 및 6대 광역시의 차량주행거리 결과의 표출
  - 현재 자료체계의 한계, 차량주행거리 산정 및 교통망성능평가의 한계 검토
  - 타 도시들에 확대 적용 시 준비사항 및 고려사항 검토

### 2) 과업의 내용

- 차량주행거리 산정
  - 차량주행거리 산정 관련 기존 연구 고찰
  - 대상도시의 도로망, 대중교통망, 교통DB 수집체계 현황제시
  - 차량주행거리 산정 방법론 제시
  - 차량주행거리 산정결과를 기준으로 차량주행거리 민감도분석을 실시함
- 현재 자료체계의 한계, 차량주행거리 산정의 한계 검토
- 특별시 및 전국 확대 적용시 준비사항 및 고려사항 검토

## 다. 과업의 성과 및 기대효과

### 1) 과업의 성과

- 우리나라 현황에 적합한 차량주행거리 산정
  - 국내외 기존 연구 고찰, 차량주행거리 통계 활용사례 및 교통망성능평가 지표 산출사례 검토를 통해 우리나라에 적합한 차량주행거리 산정 방안 선정
  - 국내 교통Data 적용가능성 검토, 차량주행거리 산정 위한 교통Data 구축
- 효율적인 차량주행거리 산정 방안 제시
  - 차량주행거리 추정 오차발생 원인별 차량주행거리 결과 민감도 분석을 통해, 예산 제약 하에서 효율적인 차량주행거리 산정 방안(적정 Sample Rate) 제시

### 2) 과업의 기대효과

- 교통량Data 부족시 효율적인 교통량 추정방안을 제시할 수 있음에 따라, 도시의 규모 및 예산 제약 하에서 효율적인 교통량 추정 방안을 검토할 수 있음
- 대상도시의 교통량 추정을 통해 차량의 배기가스 배출량 산정, 대기질 분석, 에너지 소비량 계산, 교통영향평가 등 광범위하게 사용할 수 있는 차량주행거리를 산정할 수 있고, 이를 도시별 비교할 수 있도록 함
- 도심 내 속도 및 교통량Data 구축을 통해 기존에 교통량Data 부재로 산출이 불가능했던 교통망성능평가 지표를 산출할 수 있음
- 교통망성능평가 지표 산출을 통해 도시별 정량적 비교가 가능해지며, 이를 통해 중앙정부 및 지자체의 교통분야 예산 분배의 우선순위 검토, 나아가 교통정책의 투명성 제고에 기여될 수 있을 것으로 기대됨
- 차량주행거리 추정의 한계를 검토함으로써, 교통Data 수집을 위해 우선적으로 선행되어야 할 과제를 제언할 수 있음

## 2. 기존 연구문헌 고찰

- 차량주행거리 산정방법론 관련 기존연구 검토를 통하여 차량주행거리 추정 시 오차발생 원인을 규명하였으며, 오차발생 원인이 차량주행거리 추정에 미치는 영향정도를 파악하기 위한 방법론을 검토하였음
- 기존 연구에 대한 고찰을 통해 도출된 시사점은 다음과 같음

### 가. 차량주행거리 산정방법론

- 차량주행거리 산정 방법은 크게 교통량에 기초한 산정방법과 그렇지 않은 방법으로 구분할 수 있음
- 교통량 자료에 기반을 둔 차량주행거리 산정방법은 표본구역에 대한 일일 차량주행거리 추정치에 표본구역의 중심선 주행거리를 곱하여 산출함. 대부분의 교통량은 모집단에 대해 표본을 추출하여 수집됨
- 비교통량 자료(사회경제적 자료)에 기반을 둔 차량주행거리 산정방법은 비용이 많이 들며, 정확도가 낮음

### 나. 차량주행거리 추정 오차발생 원인

- 차량주행거리 추정의 오차발생 원인은 단위구간 크기결정 오류, 표본추출 오류(표본크기 결정오류, 표본추출방법 오류), 차량 검지기의 교통량 계측오류, 교통량 추정방법(공간통계기법)의 오류로 구분할 수 있음
- 다만, 차량주행거리 추정의 오차발생 원인 중 차량검지기의 교통량 계측오류를 파악하기 위해서는 차량검지기가 설치된 전체 구간에 대한 교통량 조사가 수반되어야 함
- 본 연구에서 차량검지기의 교통량 계측오류는 없는 것으로 가정하며, 차량주행거리 추정의 오차는 단위구간 크기결정, 표본추출 및 교통량 추정방법(공간통계기법)의 오류로 인해 발생하는 것으로 가정함

### 다. 단위구간 설정 방법론

- 선행연구에서는 도로의 기하구조 특성 및 교통류 특성을 변수로 설정하여 단계적인 과정을 통해 단위구간을 설정함. 단, 선행연구에서는 변수선정 및 단위구간 설정결과의 적절성을 검



증하지 못한 한계가 있음

- 본 연구는 교통량을 종속변수로 하는 상관관계 분석을 통하여 단위구간 설정기준을 선정하며, 산정된 차량주행거리를 평가지표로 활용하여 단위구간 설정결과의 적절성을 검증함

#### 라. 표본크기 결정 및 표본추출 방법론

- 대부분의 경우, VMT 추정을 위한 표본크기는 FHWA(2012)에서 제시한 방법론을 활용하여 산정함. FHWA(2012)의 방법론은 해당지역 교통량의 Coefficient of Variation과 단위구간수를 고려하여 표본크기를 결정하며, 표본크기는 위의 두 가지 요소에 큰 영향을 받음
  - 해당지역 교통량의 Coefficient of Variation이 크거나 단위구간수가 작을 경우, 전체 단위구간수와 표본추출된 단위구간수의 차이가 없는 것으로 나타남
- VMT 추정을 위한 표본추출방법은 임의표본추출방법(Random Sampling)과 층화표본추출방법(Stratified Random Sampling)으로 구분할 수 있음

#### 마. 교통량 추정 방법론

- 교통량 추정방법은 회귀모형을 적용한 교통량 추정방법과 공간통계기법(Kriging 기법)을 적용한 교통량 추정방법으로 구분할 수 있음
- 추정결과는 연구의 공간적 범위 및 세부방법론에 따라 다소 차이가 있지만, 공간통계기법(Kriging 기법)을 적용한 교통량 추정방법의 정확도가 높은 것으로 나타남
- 본 연구는 교통량 추정 정확도가 상대적으로 높은 공간통계기법인 Kriging 기법을 활용하여 교통량을 추정함
  - 다양한 Kriging 기법 중에서 활용 가능한 자료 및 자료의 공간적 분포 등을 고려하여 본 연구에 부합하는 Kriging 기법을 적용함

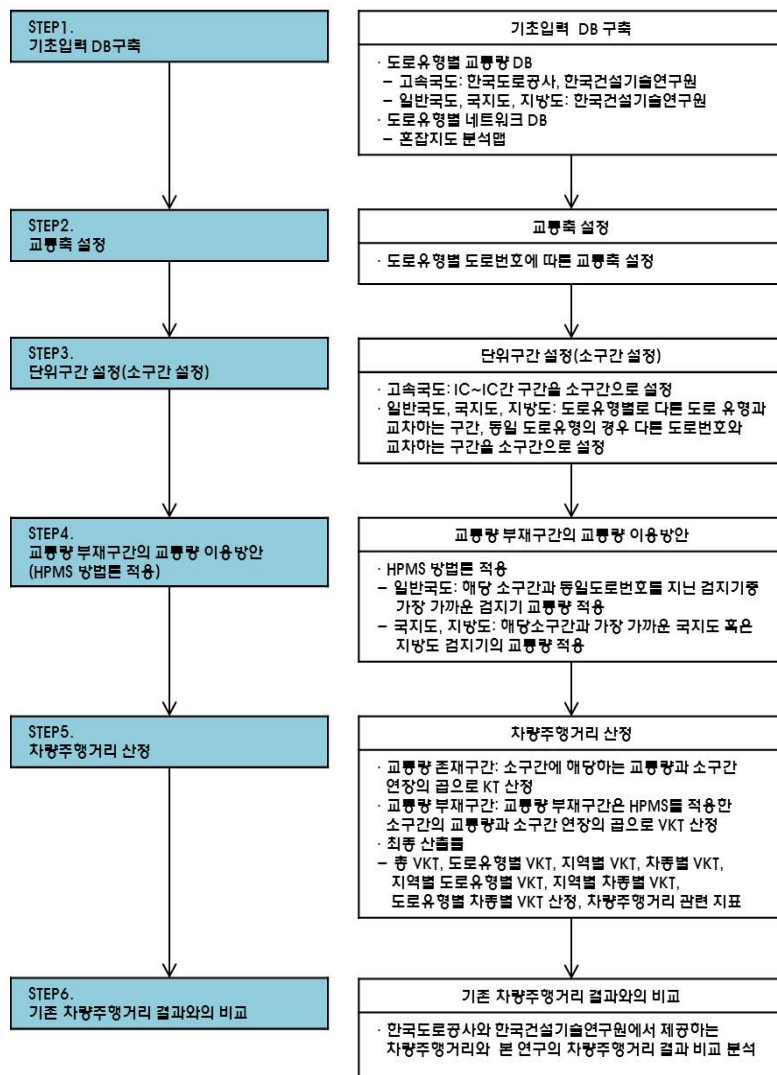
&lt;표 1&gt; 선행연구 검토결과(종합)

구분		논문명	연구목적 및 방법	설정변수	검증
단위구간 설정		한국교통연구원 (2012)	-차량주행거리 민감도 분석 목적 -단위구간 설정기준(독립변수)과 구간 별 교통량(종속변수)간의 상관관계 분석 을 통해 최종 단위구간 설정기준 적용	-도로변 토지이용특성 -도로등급 -차로수 -주간선도로접촉여부 -제한속도(km/h) -AADT(대/일) -속도(km/h)	
		FHWA (2012)	-차량주행거리 및 AADT 추정 목적 -단계적인 과정에 의한 단위구간 크기결정	-도로등급 (평균 신호교차로 간격 기준)	미검증
		임성한 (2012)	-교통량 조사지점 선정을 위한 단위구 간 크기결정 -Genetic Algorithm 적용 ·AHP 분석을 통한 구간별 특성값 산정	-차로수(왕복기준)	미검증
표본 추출	표본크기 결정	FHWA (2012)	-차량주행거리 및 AADT 추정 목적 -단위구간크기결정 및 표본계층화를 통 한 적정 표본크기 결정	-주간선도로 접촉여부	미검증
	표본추출 방법	한국교통연구원 (2012)	-차량주행거리 민감도 분석 목적 -단순무작위 추출방법과 층화표본 추출 방법(행정구역별, 도로등급별)으로 구분	-	-관측자료 및 교통수요모형 으로 산정한 차량주행거리 와 오차율 비교
		Frawley (2007)	-지역도로의 차량주행거리 추정을 위한 교통량 조사지점 선정과정 제시 -임의표본추출방법에 의한 교통량 조사 지점 선정 -표준오차를 기준으로 적정 교통량 조 사지점수 산정	-제한속도(km/h)	-표준오차(Standard error) 를 기준으로 적정 교통량조 사지점수 산정(통계적 접근)
교통량 추정방법 (공간통계기법 적용)		한국교통연구원 (2012)	-공간통계기법을 적용하여 VKT 추정 · Co-Kriging 적용	-AADT(대/일)	-관측자료 및 교통수요모형 으로 산정한 차량주행거리 와 오차율 비교
		Selby and Kockelman (2011)	-공간통계기법을 적용하여 AADT 추정 ·범용 Kriging, Variogram 적용	-속도(km/h)	-관측지점의 교통량 비교 ·Variogram 모델 유형별 ·거리산정 기준별
		김호용 (2010)	-공간통계기법을 적용하여 AADT 추정 ·단순 Kriging, Variogram 적용 ·공동 Kriging, Variogram 적용	-AADT(대/일)	-관측지점의 교통량 비교 ·Kriging 기법별 ·Variogram 이방성 적용여부
		Wang and Kockelman (2009)	-공간통계기법을 적용하여 AADT 추정 ·단순 Kriging, Variogram	-AADT(대/일)	-관측지점의 교통량 비교
		Eom et al (2006)	-공간통계기법을 적용하여 AADT 추정 ·범용 Kriging, Variogram	-AADT(대/일) -Lanes -Median income -Highway function	-관측지점의 교통량 비교 ·Variogram 파라미터 추정 방법별

### 3. 차량주행거리 산정을 위한 분석방법론 설정

#### 가. 지역간도로의 차량주행거리 산정방법

- 본 연구에서 차량주행거리를 산정하는 지역간 도로의 범위는 고속국도, 일반국도, 지방도 및 국지도(국가지원지방도)이며, 해당 도로유형별로 교통량 DB와 분석네트워크 DB를 활용함. 또한 교통량 부재구간에 대해서는 HPMS 방법론을 적용하여 차량주행거리를 산정 할 수 있음
- 최종적으로 지역간 총 차량주행거리와 도로유형별, 지역별, 차종별 차량주행거리, 지역별 도로유형별, 지역별 차종별, 도로유형별 차종별 차량주행거리를 산출하며, 기존 연구와의 비교를 수행함. 또한, 차량주행거리 관련 지표에 대한 분석을 수행함



<그림 1> 지역간 도로의 차량주행거리 산정절차

## 나. 도시부 도로의 차량주행거리 산정방법

### 1) 기초입력 DB 구축

- 대상도시의 차량주행거리 산정을 위해서는 도로연장, 도로위치(X좌표, Y좌표), 차로수와 같은 도로현황 자료와 교통량 자료 수집이 필수적임
- 본 절에서는 차량주행거리 산정을 위한 기초입력 DB 구축방법에 대해 설명하고자 함

#### ① 도로현황 자료

- 대상도시의 차량주행거리 산정 시 도로현황 자료는 국토교통부에서 공시하는 ITS표준노드링크 내 정보를 활용함
- ITS표준노드링크는 노드와 링크로 구성되어 있으며 지리정보시스템(GIS)을 기반으로 전국 및 광역권별 대상으로 도로 및 교통시설의 속성정보를 포함하고 있으며 수시로 갱신·보완하여 배포하고 있음

#### ② 교통량 자료

- 차량주행거리 산정을 위한 교통량 자료는 차량검지기로부터 수집되는 자료, 현장조사 자료 및 도로교통량통계연보로부터 구축함
  - 차량검지기 자료는 지자체별로 구축되어 있는 ITS 시스템을 이용하여 구축함
  - 현장조사 자료는 기 조사한 자료를 연도보정하여 사용하거나 필요시 직접 조사할 수 있음
- 차량주행거리 산정을 위해서는 연평균일교통량(AADT)이 필요하므로 수집·조사한 교통량을 월보정계수, 요일보정계수 및 시간보정계수등을 적용하여 연평균일교통량으로 보정하는 과정이 필요함

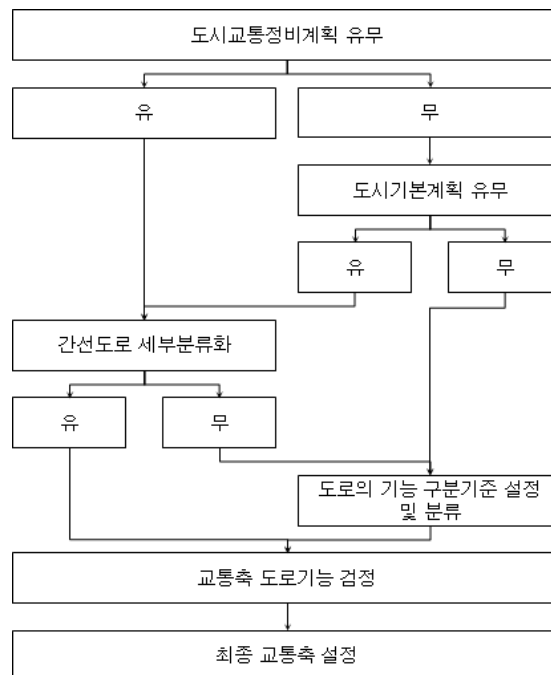
#### ③ 교통량 자료 GIS Mapping

- 수집된 교통량 자료와 도로속성(현황) 자료는 저장된 형태가 다르기 때문에 수집한 모든 자료를 통합된 형태로 재구축하는 과정이 필요함
- DB화된 형태로 제공되는 차량검지기 교통량 자료는 링크ID(링크식별코드)를 통해 도로속성(현황) 자료와 매칭이 가능하며, GIS 기반자료인 도로속성 자료와 매칭 이후 공간상에서 교

통량 분포를 나타낼 수 있게 함

## 2) 교통축 설정

- 교통축 설정 과정은 도시부 차량주행거리 추정대상 도로를 설정하는 단계로써, 대부분의 지자체에서 교통DB 수집지점 설정시 기준이 되는 간선도로 이상의 도로를 선별해 내기 위한 작업임. 본 단계에서는 차량주행거리 추정대상 도로구간 설정과 도로 등급 분류로 구분됨
- 본 연구에서는 차량주행거리 산정 대상 도로구간 설정은 도시기본계획 유무에 따라 다른 방향으로 진행함



<그림 2> 교통축 설정 과정

## 3) 단위구간 설정

- 단위구간은 차량주행거리를 산정하기 위해 사용되는 가장 기초적인 도로구간임
- 2013년도 부천시 차량주행거리 산정과정에서 신호교차로 기준과 도로기하구조 특성기준에 따라 분류한 결과 신호교차로 기준이 더 우수한 결과를 보임. 이에 6대 광역시 차량주행거리 산정시 신호교차로 기준 단위구간을 설정함
- 단위구간의 사회경제적 및 도로기능 지표의 값들은 단일 값을 가지기 때문에 단위구간 도중 값이 바뀌는 경우는 단위구간 내 더 많은 성질을 보이는 특성을 반영하기로 가정함

#### 4) 교통량 부재구간의 교통량추정

- 차량주행거리 추정을 위해 교통량 부재구간의 교통량추정은 필수적이며 본 연구에서는 회귀 크리깅을 이용하여 이를 추정함
- 회귀크리깅은 회귀분석 단계와 크리깅 단계로 나누어 수행함
  - 회귀분석 단계: 도시별 회귀모형 구축 시 설명력이 높은 모형을 구축하기 위해 종속변수(교통량)에 유의한 영향을 미치는 독립변수를 선별하는 단계적 회귀분석(Stepwise Regression)<sup>1)</sup>과정
  - 크리깅 단계: 모형 추정에 사용된 자료인 수집교통량 ‘참값’과 모형 추정에 사용되지 않은 ‘추정값’의 잔차를 줄이는 크리깅<sup>2)</sup> 과정

##### ① 회귀분석

- 회귀분석은 변수들 중 하나의 종속변수로 나머지를 독립변수로 하여 변수들 간 상호관계의 본질을 밝히는 통계적 기법의 하나임
- 현재 수집한 도로정보, 사회경제지표, 교통량 자료를 가지고 종속변수(교통량)에 영향을 미치는 독립변수를 설정하여, 각 도시에 맞는 회귀모형을 만들어 수집교통량이 없는 단위구간의 교통량을 추정하여 최종적으로 광역시 별 도시부 차량주행거리를 산정하고자 함
- 신호교차로 기준 단위구간 교통량과 교통량에 영향을 끼칠만한 사회경제적 정보 또는 도로 속성정보(독립변수) 간 상관관계 분석 실시한 후, 통량에 영향을 미치는 독립변수 중 독립변수 간 연관성이 높아 교통량과 실제로 연관성이 떨어지는 변수들을 걸러내기 위해 독립변수 간 상관관계를 분석함
- 독립변수 간 상관관계는 예설정기준의 자료 형태(범주형 변수, 연속형 변수)에 따라 분석방법을 달리하여 실시함
  - 가장 널리 이용하고 있는 방법인 Pearson, Spearman 분석방법을 이용함
  - 연속형 변수를 대상으로 Pearson 분석 방법, 범주형 변수 및 연속형과 범주형이 결합한 혼합형 변수를 대상으로 Spearman 분석 방법을 실시함
- 단계적 회귀분석이란 통계적으로 중요한 변수를 첨가해 가면서 분석을 수행하거나 통계적으

1) 통계패키지 프로그램 SPSS 이용

2) 통계패키지 프로그램 SAS 이용, 〈부록 C〉의 SAS 코드를 이용

로 의미 없는 변수를 제거하며 분석을 수행하는 것으로 독립변수를 모두 함께 모형에 투입하여 그 중에서 가장 영향력 있는 변수들만 단계적으로 출력함. 단계적 회귀분석을 통해 도출된 최적 회귀모형을 산출함

## ② 공간통계기법

- 공간통계기법은 공간적 또는 시간적으로 분포하는 물리적 현상이나 자료의 분석을 적용할 수 있는 통계학의 한 분야임
- 공간통계기법 중 대표적인 방법으로 크리깅(Kriging)은 관심 있는 지점에서 특성 값을 알기 위해 이미 값을 알고 있는 주위 값들의 선형조합으로 그 값을 예측하는 기법임
  - 가중치는 주위에 알려진 값들의 상호거리와 상관관계에 따라 결정됨
  - 가중치 결정을 위해 예측값과 참값 사이의 오차가 최소가 되도록 하며(minimum variance), 많은 경우에 추정값이 편향되지 않아야(unbiased) 한다는 조건을 추가로 사용함

$$z^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i z_i$$

$z^*$ : 위치가 알려진 지점에서 크리깅을 이용한 예측값

$z_i$ : 이미 알고있는 주위의 자료값

$\lambda_i$ : 각 자료의 가중치

$n$ : 크리깅 예측을 위해 사용한 자료의 총 개수

- Kriging 기법을 적용하기 위해서는 관심있는 변수에 대한 표본공간을 정의해야 하며, 자료들간의 공간적 상호관계의 파악이 선행되어야함. 자료들간의 공간적 상호관계는 Variogram을 통해서 정량화 할 수 있음. Kriging 기법을 적용하는 과정을 요약하면 다음과 같음
  - Step 1. 관심있는 변수의 표본공간을 정의함
  - Step 2. 표본공간 내 자료 수집
  - Step 3. 표본공간의 자료를 이용하여 실험적 Variogram을 도출함
  - Step 4. 실험적 Variogram을 가장 잘 묘사하는 이론적 Variogram을 도출함
  - Step 5. 주어진 자료와 Variogram을 이용하여 Kriging 기법을 통해 미지의 값을 추정함

## ③ 회귀크리깅(Regression Kriging)

- 회귀크리깅은 공간통계기법의 한 방법으로서 설명변수로 설명가능한 공간적인 경향성을 회귀식으로 추정하고 잔차(residual)에 대해서 크리깅을 이용하는 방법임
- 공간통계기법을 이용하여 공간상에서 발생하는 다양한 현상의 패턴을 모형화 할 때, 공간적 자기상관성이 존재할 경우 예측값이 편향(biased)될 수 있음
- 회귀크리깅은 회귀 접근법과 크리깅을 결합한 것이라 할 수 있으며, 설명가능한 변이를 회귀기법으로 적합한 후 잔차, 즉 설명되지 않은 변이에 대해서 기대값이 0인 단순크리깅을 이용하여 내삽하는 방법임
- 회귀크리깅은 크리깅 가중치를 결정할 때 보조변수를 예측변수로 직접 사용하며, 일반크리깅이나 외부 추이를 이용한 크리깅과 내삽 방법 측면에서는 수학적으로 동일하다고 할 수 있음

$$\begin{aligned}\hat{z}(s_0) &= \hat{m}(s_0) + \hat{e}(s_0) \\ &= \sum_{k=0}^p \hat{\beta}_k \cdot q_k(s_0) + \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot e(s_i)\end{aligned}$$

- $\hat{z}(s_0)$ :  $s_0$  지점에서의 회귀크리깅 예측값  
 $\hat{m}(s_0)$ : 적합된 추이(drift)  
 $\hat{e}(s_0)$ : 내삽된 잔차  
 $q_k(s_0)$ :  $s_0$  지점에 대한 독립변수의 값  
 $\hat{\beta}_k$ : 추정된 회귀모형의 계수  
 $p$ : 독립변수의 개수  
 $\lambda_i$ : 잔차의 공간적 의존 구조를 반영한 크리깅 가중치  
 $e(s_i)$ : 표본 위치( $s_i$ )에서의 잔차값

## 5) 차량주행거리 산정

- 차량검지기, 현장조사 및 도로교통량통계연보를 이용하여 수집된 교통량 및 공간통계기법을 통해 추정된 교통량을 활용하여 도로기능별·도로등급별·차종별 차량주행거리 자료를 산정해야 함. 차량주행거리 산정식은 다음과 같음

$$\text{차량주행거리 (VMT)} = \sum_{t=1}^n \sum_{k=1}^3 (V_{tk} \times AD_{tk})$$

$V_{tk}$  : 링크별·차종별 교통량(대/일)  
 $AD_{tk}$  : 링크별·차종별 연장(m)  
 $t$  : Network 링크개수  
 $k$  : 차종(1: 승용차, 2: 버스, 3: 화물차량)



- 민감도 분석의 목적은 산정방법 및 오차발생원인별로 시나리오를 설정하고 오차율 비교를 통해 효율적인 차량주행거리 산정방안을 도출하기 위함임
- 오차발생원인별 차량주행거리 산정오차율은 시나리오별로 Random Seed를 달리하여 10회 반복한 결과값을 이용하여 산정함
- 오차율 산정을 위해서는 평균절대백분율오차(MAPE, Mean Absolute Percentage Error)를 이용하였으며 산정식은 다음과 같음

$$MAPE(\%) = \frac{100\%}{n} \times \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right|$$

여기서,

$A_t$  : 기준값  
 $F_t$  : 시나리오별 산정값  
 $t$  : 반복회차  
 $n$  : 반복회수

#### 6) 차량주행거리 산정방법에 따른 민감도 분석

- 오차율 분석을 위한 기준값은 최대 표본크기에서 산정한 값으로 설정함
  - 기준값: 최대 표본크기에서의 차량주행거리 산정값(A)
  - 시나리오별 산정값: 차량주행거리 산정을 10회 반복한 결과의 평균값(B))
- 단위구간은 신호교차로를 기준으로 설정하였으며, 표본 크기는 교통량이 존재하는 단위구간의 10%, 20%, 40%, 60%, 80%로 구분하여 오차율을 분석함
- 결과 값의 편향성을 줄이기 위해 무작위로 표본을 10회 추출하여 발생하는 값을 이용하여 오차율을 분석함

#### 4. 지역간도로의 차량주행거리 산정

##### 가. 지역간 도로 및 수집교통DB현황

###### 1) 도로유형별 현황

- 고속국도: 도로 교통망의 중요한 축을 이루며 중요 도시를 연결하는 자동차 전용의 고속교통에 사용되는 도로로서, 고속국도법 제3조에 따라 노선이 지정된 도로를 말함
- 일반국도: 지역간 주요 도시 및 거점(항만, 비행장, 관광지)을 연결하는 도로로서 고속국도와 함께 국가 기간 도로망을 이루는 도로이며, 대통령령에 의해 일반국도로 노선이 지정된 도로를 말함
- 지방도: 지방의 간선도로망을 이루는 도로이며 각 지역의 주요 거점(도청, 시청, 군청 소재지, 도내의 비행장, 항만, 역 등)을 연결하는 도로로서 고속도로, 일반국도, 지방도를 상호 연계하는 역할을 하며 해당 지역 도지사가 노선을 인정한 도로를 말함
- 국지도: 지방도 중 주요 도시 및 거점(공항, 항만, 공업 단지, 주요 도서, 관광지 등)과 같은 주요 교통 유발 시설 지역을 연결하는 도로로서 고속국도와 일반국도로 이루어진 국가 기간 도로망을 보조하는 도로이며, 대통령령에 의해 국가지원지방도로 노선이 지정된 도로를 말함
- 수집교통DB현황

<표 2> 도로유형별 교통DB수집기관

도로 유형	교통 DB수집기관	DB연계 취합
고속국도	- 한국도로공사, 한국건설기술연구(민자고속도로 부문) - 단, 도시고속도로는 지자체에서 수집	- 한국건설기술연구원 - 국가교통정보센터
일반국도	한국건설기술연구원 상시 + 수시조사	한국건설기술연구원
국지도 및 지방도	지자체 수시조사	

## 2) 교통량조사지점현황

- 한국건설기술연구원에서 매년 제공하는 고속국도, 일반국도, 국지도, 지방도의 교통량 조사지점의 현황은 다음과 같음

<표 3> 교통량 조사지점

구분	조사지점(지점)		내용	단위
고속국도	509		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 매년 10월 셋째 주 목요일 (07:00~익일 07:00)에 차종별, 방향별, 시간대별 교통량 조사</li> <li>- 교통량조사장비 (AVC)와 차량검지기(VDS)를 이용한 조사와 인력식 조사를 병행</li> </ul>	연1회 24시간 교통량
일반국도	1,598		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 이동식 교통량 조사 장비를 사용하여 당해연도 3월부터 12월까지 한 지점에 대해 연 1회 이상 조사 (1회 차종조사 포함, 인력식)</li> </ul>	연1회 이상 지점당 24시간 교통량
	상시조사 621	수시조사 977		
국지도	333*		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 교통량조사장비(AVC)를 사용하여 365일, 24시간 동안 조사</li> </ul>	365일, 24시간 교통량
지방도	1,158**		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 매년 10월 셋째 주 목요일 (07:00~익일 07:00) 조사원을 조사지점에 배치하여 차종별, 방향별, 시간대별 교통량을 조사함</li> <li>- 각 지자체에서 수집하여 제공</li> </ul>	연1회 24시간 교통량

주\*: 국지도의 경우 한국건설기술연구원 조사지점은 341개이나, 제주도 5개 지점, 울릉도 3개 지점은 분석시 제외

주\*\*: 지방도의 경우 기존 1,153개 조사지점이 존재했으나, 국지도에서 제외된 제주도 5개 지점을 추가하여 분석함

## 나. 차량주행거리 산정을 위한 소구간설정

### 1) 네트워크 DB 현황

- 본 연구에서는 ITS표준노드링크의 문제점을 보완한 혼잡지도 분석맵<sup>3)</sup>을 사용함. ITS표준노드링크는 교차로, 속성변환지점, 행정경계 등으로 링크가 상세하게 분할되어 있어 소구간 설정이 어렵다는 분석의 한계가 존재함. 따라서 상세히 분할된 ITS 표준노드링크를 동일구간을 기준으로 병합 및 관리할 수 있도록 본 센터에서 구축한 혼잡지도 분석맵을 사용함

3) 주: 2014년 국가교통조사 및 DB구축사업 중 국가교통대용량교통정보시스템 구축 및 분석과제의 네트워크 자료  
(주: 혼잡지도 시스템 고도화 및 데이터가공 발표자료)

## 2) 소구간 설정방법

- 소구간 설정기준: 각 도로 등급별로 소구간 구분 작업을 수행함. 고속국도의 경우 IC~IC(JCT포함) 간 구간을 분석구간으로 설정하였으며, 일반국도, 국지도, 지방도의 경우 각각 교차하는 구간을 소구간으로 설정함

<표 4> 소구간 설정기준

도로유형	구분기준			
고속국도	IC-IC(JCT) 간			
일반국도	고속국도	일반국도 (다른번호)	국지도	지방도
국지도	고속국도	일반국도	국지도 (다른번호)	지방도
지방도	고속국도	일반국도	국지도	지방도 (다른번호)

- 혼잡지도 분석맵의 고속국도, 일반국도, 국지도, 지방도에 대해 소구간 작업을 수행
  - 소구간 작업 시 실제 도로현황과 혼잡지도 분석맵의 링크현황이 다른 경우 도로유형의 변경 혹은 부재링크에 대한 추가작업을 수행하여 기존 혼잡지도 분석맵의 링크개수와 본 연구에서 보완한 혼잡지도 분석맵의 링크개수는 상이함

## 3) 소구간 설정결과

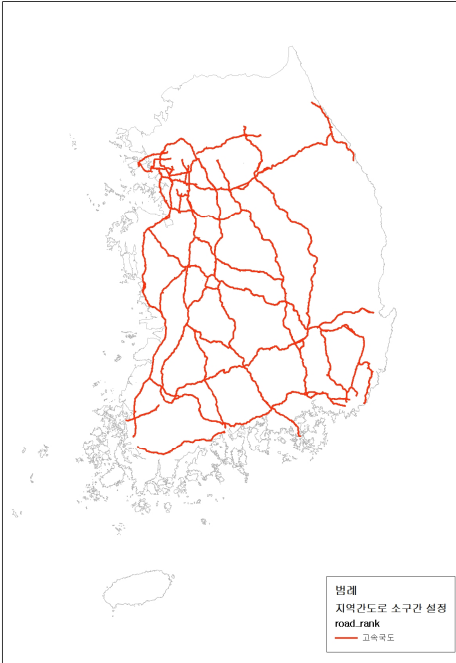
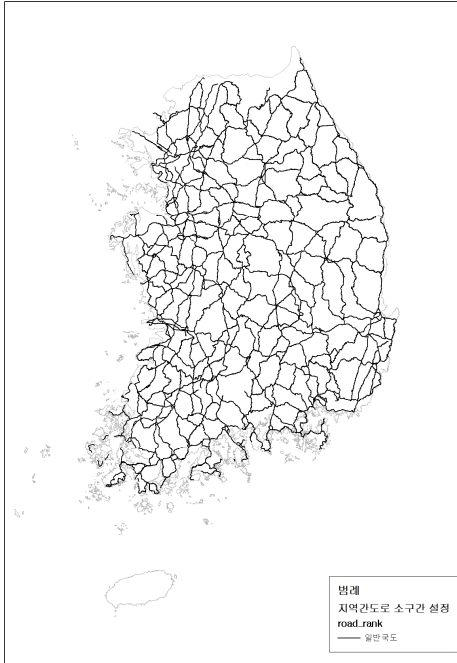
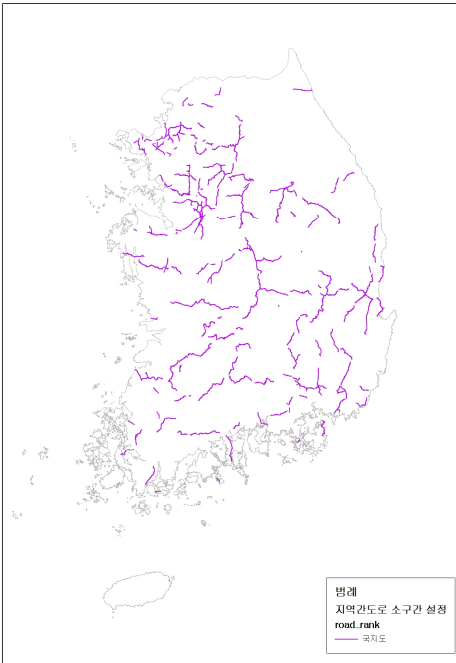
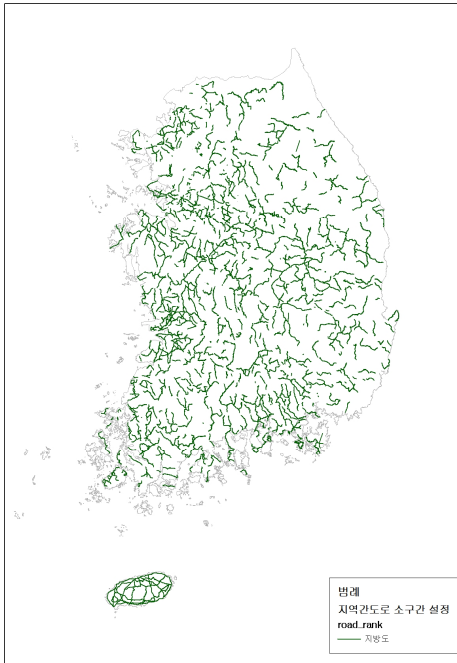
- 각 도로유형별 소구간 개수는 다음과 같음. 고속국도의 경우 487개, 일반국도 2,459개, 국지도 656개, 지방도 1,882개임

<표 5> 도로유형별 소구간 개수

도로유형	소구간 개수	링크개수
고속국도	487	5,569
일반국도	2,459	12,458
국지도	656	2,713
지방도	1,882	6,698

- 소구간 설정결과에 대한 링크 현황은 다음과 같음, 혼잡지도 분석맵에 존재하는 모든 고속국도, 일반국도, 국지도, 지방도에 대하여 소구간 설정을 100% 완료함

&lt;표 6&gt; 소구간 설정결과

고속국도	일반국도
	
- 소구간 작업 링크 비율: 100% (5,569링크) - 소구간 개수: 484개	- 소구간 작업 링크 비율: 100% (12,458링크) - 소구간 개수: 2,459개
국지도	지방도
	
- 소구간 작업 링크 비율: 100% (2,713링크) - 소구간 개수: 656개	- 소구간 작업 링크 비율: 100% (6,698링크) - 소구간 개수: 1,882개

#### 4) 소구간과 수집교통량 매칭

- 혼잡지도 분석맵의 소구간과 한국건설기술연구원의 수집교통량 검지기간의 매칭을 위하여 Arc GIS의 공간결합(Spatial Join)을 수행함
  - 모든 수집교통량 검지기를 기준으로 매칭되는 소구간을 지정해줌에 따라 고속국도 509개 지점, 일반국도 1,598개 지점, 국지도 333개 지점, 지방도 1,158개 지점에 대하여 소구간이 매칭됨
  - 또한, 교통량 부재구간에 대해 HPMS 방법론을 활용하여 교통량을 적용하였음

#### 다. 차량주행거리 산정방안

- 고속국도의 차량주행거리는 소구간인 IC-IC(JCT)사이의 교통량과 해당 소구간 연장의 곱으로 산정함
- 일반국도와 국지도, 지방도의 차량주행거리는 일반국도 소구간의 교통량과 해당 소구간 연장의 곱으로 산정함
- 교통량 부재구간의 경우 HPMS 방법론을 적용하며, 일반국도는 동일한 도로번호이면서 가장 가까운 검지기의 교통량을 적용하고, 국지도와 지방도는 가장 가까운 검지기의 교통량을 적용함

#### 라. 지역간 도로의 차량주행거리

##### 1) 총 차량주행거리

- 총 차량주행거리
  - 총 차량주행거리는 고속국도, 일반국도, 국지도, 지방도의 지역이나 차종 구분 없이 전국의 지역간 도로에 대한 차량주행거리를 산출함
  - 지역간 도로의 총 차량주행거리의 합계는 482,643,007km대로 산출되었음

##### 2) 도로유형별 차량주행거리

- 도로유형별 차량주행거리

- 도로유형별 차량주행거리 산출결과 고속국도의 차량주행거리가 가장 긴 것으로 나타났으며, 일반국도, 지방도, 국지도 순으로 확인됨. 이는 고속국도의 총 연장은 전체 도로유형 중 두 번째로 짧지만 고속국도 이용 교통량이 많기 때문으로 파악됨. 지방도의 경우 도로연장은 길지만 이용 교통량이 적기 때문에 차량주행거리 값이 짧은 것으로 판단됨

&lt;표 7&gt; 도로유형별 차량주행거리

(단위: km·대)

도로유형	차량주행거리
고속국도	188,637,993
일반국도	187,353,096
국지도	30,992,224
지방도	75,659,694
합계	482,643,007

## 3) 지역별 차량주행거리

## ○ 지역별 차량주행거리

- 지역별 차량주행거리 산출결과 경기도의 차량주행거리가 169,927,634km·대로 가장 길며, 서울특별시와 광주광역시도 고속국도 외의 도로에 대한 차량주행거리 값이 존재하지 않는 것으로 확인됨
- 6대 광역시의 경우 지역간 통행보다 도심내 통행량이 많고, 특별·광역시도 및 시군도 등의 비중이 높아 지역간 도로의 차량주행거리는 다른 지역에 비해 짧은 것으로 나타남

&lt;표 8&gt; 지역별 차량주행거리

(단위: km·대)

지역별	차량주행거리 (비율:%)		지역별	차량주행거리	
전국	482,643,007	100.0%	경기도	169,927,634	35.2%
서울특별시	1,233,959	0.3%	강원도	25,777,845	5.3%
부산광역시	3,526,766	0.7%	충청북도	32,427,765	6.7%
대구광역시	8,125,165	1.7%	충청남도	45,157,340	9.4%
인천광역시	8,347,589	1.7%	전라북도	27,672,808	5.7%
광주광역시	1,359,605	0.3%	전라남도	32,870,213	6.8%
대전광역시	5,304,309	1.1%	경상북도	53,187,600	11.0%
울산광역시	6,570,577	1.4%	경상남도	51,172,369	10.6%
세종특별자치시	3,152,210	0.7%	제주특별자치도	6,829,252	1.4%

## 4) 차종별 차량주행거리

- 3종 구분에 따른 차종별 차량주행거리 산출결과 1종의 차량주행거리가 가장길고, 2종의 차량

주행거리가 가장 짧은 것으로 나타남. 이는 2종의 차량대수가 가장 적기 때문에 나타나는 결과임

- 5종 구분에 따른 차종별 차량주행거리 산출결과 3종 차량 구분과 마찬가지로 1종 차량의 차량주행거리가 가장 길게 나타남, 3종 구분시 3종(화물차)을 세분화한 3,4,5종의 경우 5종 차량이 가장 적기때문에 5종의 차량주행거리가 가장 짧은 것으로 나타남

<표 9> 차종별 차량주행거리

(단위: km·대)

차종구분	차량주행거리	차종구분	차량주행거리
1종	213,025,367	1종	213,025,367
		2종	7,670,829
2종	7,670,829	3종	59,965,021
		4종	11,291,676
3종	73,308,818	5종	2,052,121

#### 5) 지역별 도로유형별 차량주행거리

- 17개 시도별 도로유형에 따른 차량주행거리 산정결과 6대 광역시 모두 국지도와 지방도의 도로유형이 존재하지 않으며, 서울특별시와 광주광역시의 경우 일반국도의 차량주행거리 값이 존재하지 않음. 제주도의 도로유형은 지방도만 존재하므로 지방도의 차량주행거리만 산출되었음



&lt;표 10&gt; 지역별 도로유형별 차량주행거리

(단위: km·대)

지역별	도로유형별			
	고속국도	일반국도	국지도	지방도
전국	188,637,993	187,353,096	30,992,224	75,659,694
서울특별시	1,233,959	0	0	0
부산광역시	2,272,152	1,254,613	0	0
대구광역시	6,888,592	1,236,573	0	0
인천광역시	8,188,053	159,536	0	0
광주광역시	1,359,605	0	0	0
대전광역시	4,602,738	701,571	0	0
울산광역시	3,403,156	3,167,421	0	0
세종특별자치시	576,755	1,743,285	228,657	603,512
경기도	64,669,867	66,701,389	15,558,310	22,998,067
강원도	7,880,240	13,410,478	1,118,133	3,368,994
충청북도	14,012,829	11,158,910	1,918,759	5,337,268
충청남도	16,905,500	19,017,818	2,131,510	7,102,513
전라북도	8,386,647	11,739,302	1,065,131	6,481,728
전라남도	8,494,380	16,499,451	2,071,705	5,804,677
경상북도	19,874,889	21,339,598	3,062,587	8,910,526
경상남도	19,888,632	19,223,149	3,837,432	8,223,157
제주특별자치도	0	0	0	6,829,252

## 6) 지역별 차종별 차량주행거리

- 17개 시도별 3종 구분 차종에 따른 차량주행거리 산정결과 모든 지역의 1종 차종 비중이 가장 높으므로 1종에 대한 차량주행거리가 가장 긴 것으로 나타났으며, 2종의 차종이 가장 적으므로 차량주행거리 또한 짧은 것으로 나타남
- 17개 시도별 5종 구분 차종에 따른 차량주행거리 산정결과 3종으로 구분한 결과와 마찬가지로 모든 지역의 1종 차종 비중이 가장 높으므로 1종에 대한 차량주행거리가 가장 긴 것으로 나타났으며, 기존 3종의 화물차량을 3,4,5종으로 세분화한 결과 5종의 차종이 가장 적으므로 차량주행거리 또한 짧은 것으로 나타남

&lt;표 11&gt; 지역별 차종별 차량주행거리

(단위: km·대)

지역별	차종별			차종별				
	1종	2종	3종	1종	2종	3종	4종	5종
전국	345,882,319	14,677,407	122,994,623	345,882,319	14,677,407	89,695,085	25,816,113	7,483,425
서울특별시	1,563,749	55,895	420,495	1,563,749	55,895	325,751	85,286	9,458
부산광역시	2,909,916	72,461	856,362	2,909,916	72,461	637,925	127,584	90,853
대구광역시	5,941,900	235,890	2,605,042	5,941,900	235,890	1,604,628	742,513	257,901
인천광역시	6,598,638	307,414	1,845,411	6,598,638	307,414	1,369,951	372,249	103,211
광주광역시	986,618	31,705	268,597	986,618	31,705	200,462	49,762	18,372
대전광역시	3,589,185	142,577	1,253,510	3,589,185	142,577	769,388	397,303	86,820
울산광역시	4,216,725	187,526	1,815,971	4,216,725	187,526	1,061,846	518,252	235,873
세종특별자치시	2,293,343	55,964	802,903	2,293,343	55,964	526,475	239,867	36,562
경기도	126,757,456	4,932,119	37,785,341	126,757,456	4,932,119	29,890,179	6,637,031	1,258,132
강원도	18,554,571	977,084	5,946,725	18,554,571	977,084	4,634,348	1,122,583	189,795
충청북도	22,168,667	1,100,771	9,624,405	22,168,667	1,100,771	6,187,172	2,654,992	782,240
충청남도	32,644,351	1,311,469	11,397,898	32,644,351	1,311,469	7,933,455	2,720,899	743,544
전라북도	19,112,894	933,941	7,666,340	19,112,894	933,941	5,657,988	1,624,077	384,275
전라남도	22,990,524	924,625	9,211,564	22,990,524	924,625	7,054,929	1,580,971	575,664
경상북도	34,907,108	1,572,225	15,648,184	34,907,108	1,572,225	10,596,878	3,757,095	1,294,211
경상남도	35,619,235	1,481,082	14,398,720	35,619,235	1,481,082	9,954,199	3,038,457	1,406,064
제주특별자치도	5,027,440	354,659	1,447,153	5,027,440	354,659	1,289,511	147,194	10,448

## 7) 도로유형별 차종별 차량주행거리

- 도로유형별 3종 구분 차종에 따른 차량주행거리 산정결과 모든 도로에서 1종에 대한 차량주행거리가 가장 긴 것으로 나타났으며, 2종의 차량주행거리가 가장 짧은 것으로 나타남
- 도로유형별 5종 구분 차종에 따른 차량주행거리 산정결과 모든 도로에서 1종에 대한 차량주행거리가 가장 긴 것으로 나타났으며, 일반국도와 국지도, 지방도의 경우 5종의 차량주행거리

리가 가장 짧은 것으로 나타남

<표 12> 도로유형별 차종별 차량주행거리

(단위: km·대)

도로 유형별	차종별			차종별				
	1종	2종	3종	1종	2종	3종	4종	5종
고속국도	132,856,952	7,006,578	49,685,805	132,856,952	7,006,578	29,730,063	14,524,438	5,431,304
일반국도	139,023,438	4,521,820	43,807,838	139,023,438	4,521,820	35,946,872	6,462,179	1,398,787
국지도	21,658,324	913,937	8,419,963	21,658,324	913,937	6,753,678	1,464,753	201,532
지방도	52,343,606	2,235,072	21,081,016	52,343,606	2,235,072	17,264,471	3,364,743	451,801

#### 마. 기존 지역간도로 차량주행거리와의 비교

##### 1) 한국도로공사 결과와의 비교

- 한국도로공사의 차량주행거리를 본 연구결과와 비교하기 위해 동일한 단위(km·대)의 차량주행거리로 재 산정함. 이는 각 지역별 차량대수(단위:천대)를 365일로 나눠 연평균일교통량으로 환산한 후 차량당 평균주행거리(단위:km)를 곱하여 지역별 차량주행거리를 산정하였으며, 개방식 구간의 경우 4,292,522km·대, 폐쇄식 구간의 경우 152,065,168km·대로 총 차량주행거리는 156,357,690km·대임
- 본 연구에서 산출한 차량주행거리와 한국도로공사의 차량주행거리를 비교한 결과, 본 연구의 차량주행거리가 한국도로공사의 차량주행거리보다 긴 것으로 나타남

<표 13> 한국도로공사의 차량주행거리 결과 비교

(단위: km·대)

도로유형	본 연구 차량주행거리 (A)	한국도로공사 차량주행거리 (B)	차이 (A-B)
고속국도	188,637,993	156,357,690(개+폐)	32,280,303
		4,292,522(개방식)	
		152,065,168(폐쇄식)	

##### 2) 한국건설기술연구원

- 본 연구에서 산출한 차량주행거리와 한국건설기술연구원에서 제공하는 차량주행거리를 비교한 결과, 본 연구의 차량주행거리가 한국건설기술연구원의 차량주행거리보다 긴 것으로 나타남. 이는 본 연구에서는 검지기와 매칭된 소구간 이외에도 교통량 부재 소구간까지 HPMS

방법론을 적용하여 모든 구간에 교통량 값을 배정하여 차량주행거리를 산출하였기 때문이며, 도로유형별 총 연장 비교결과 본 연구에서 적용한 혼잡지도 분석맵의 연장이 한국건설기술연구원 관리연장보다 길기 때문으로 판단됨

<표 14> 한국건설기술연구원의 차량주행거리 결과 비교

(단위: km·대)

도로유형	본 연구 차량주행거리 A	한국건설기술연구원 차량주행거리 B	차이 A-B
고속국도	188,637,993	186,111,195	2,526,798
일반국도	187,353,096	145,078,563	42,274,533
국지도	30,992,224	22,633,380	8,358,844
지방도	75,659,694	57,286,401	18,373,293
합계	482,643,007	411,109,539	71,533,468

#### 바. 소결

- 차량주행거리는 총 차량주행거리와 도로유형별, 지역별, 차종별 차량주행거리를 산출하였으며, 지역별 도로유형별, 지역별 차종별, 도로유형별 차종별 차량주행거리를 산출하였음
- 그 결과, 총 차량주행거리는 482,643,007km·대이며, 고속국도, 일반국도, 지방도, 국지도 순으로 차량주행거리가 긴 것으로 확인됨. 지역별로는 6대 광역시가 다른 지역에 비해 차량주행거리가 짧게 나타났으며, 이는 해당 지역들의 경우, 도심 내 특별·광역시도 및 시군도의 도로 비중이 높기 때문으로 판단되며, 지역의 규모가 크고, 교통량이 가장 많은 경기도의 차량주행거리가 가장 길게 나타났음. 종별로는 1종의 차량주행거리가 가장 길고, 3종 구분 시에는 3종의 차종과, 5종 구분 시에는 5종의 차종이 가장 차량주행거리가 짧은 것으로 나타남
- 본 연구의 차량주행거리 결과와 한국도로공사에서 제공하는 고속국도 차량주행거리, 한국건설기술연구원에서 제공하는 고속국도, 일반국도, 국지도, 지방도의 차량주행거리를 비교함. 한국도로공사의 경우 차량주행거리 산출 시 제공하는 값이 본 연구의 단위와 차이가 있어 이를 재산정한 결과 본 연구의 차량주행거리가 더 길게 나왔으며, 이는 공간적 범위 및 이용차량 기준의 차이로 인한 것으로 파악됨. 한국건설기술연구원의 경우도 본 연구의 차량주행거리가 더 길게 산출되었는데, 이는 본 연구에서는 교통량 부재구간에 대하여 HPMS 방법론을 적용해 모든 도로의 차량주행거리를 산출했기 때문으로 판단됨

## 5. 6대 광역시의 차량주행거리 산정

### 가. 수집 교통DB 현황

- 6대 광역시는 지능형 교통시스템(Intelligent Transport System, 이하 ITS) 구축사업으로 도시 내 및 도시 간 주요도로에서 교통량 및 통행속도 자료를 수집하고 있음
- 또한 인력을 활용한 교통량 및 통행속도 현장조사를 자체적으로 실시하고 있음
- 다양하게 수집한 자료들은 체계가 서로 달라 링크구분체계를 하나의 형태로 통합하는 작업이 필요함
  - 대다수의 도시에서 ITS검지기를 통한 수집 자료는 ITS표준링크체계를 기반으로 구축되어 있으나, 대전광역시 및 울산광역시는 자체적인 링크구분 체계를 가지고 있어 ITS표준링크 체계로 호환하는 작업이 필요함
  - 모든 광역시의 인력조사를 통한 현장조사는 각 도시 고유의 지점번호를 부여하여 링크의 교통량을 코딩 및 다른 자료형태와 호환이 가능하도록 별도의 작업이 필요함

<표 15> 도시별 교통량 및 통행속도 수집현황

구분		ITS검지기 DB			현장조사 DB			최종 수집링크수	수집율(%)
		링크 수		수집율(%)	링크 수		수집율(%)		
		총	수집		총	수집			
인천	교통량	2,722	97	3.56	2,690	293	10.76	336	12.47
	속도		1,424	52.31		-	-	1,424	52.31
대전	교통량	2,796	733	26.22	2,797	229	8.19	776	27.75
	속도		734	26.25		428	15.31	786	28.11
광주	교통량	3,471	135	3.89	3,471	220	6.34	308	8.87
	속도		137	3.95		384	11.06	454	13.08
부산	교통량	3,536	-	-	3,536	145	4.10	145	4.10
	속도		2,479	70.11		79	2.23	2,479	70.11
울산	교통량	2,514	204	8.11	2,514	312	12.41	442	17.58
	속도		224	8.91		516	20.53	574	22.83
대구	교통량	2,119	-	-	2,119	71	3.35	71	3.35
	속도		789	37.23		296	13.97	789	37.23

### 나. 교통축 설정

- 모든 도로를 대상으로 차량주행거리를 산정하는 것이 이상적이나, 현실적으로 모든 도로에 대한 교통DB를 수집하는 것에 대해 한계점이 존재함

- 본 연구에서는 도시부 차량주행거리 산정 시 도시계획상 도로의 기능이 보조간선도로 이상의 도로(도시고속도로, 주간선도로, 보조간선도로)를 대상으로 함
- 6대광역시 교통축 설정결과는 다음과 같음
  - 인천광역시는 6개의 고속도로, 주간선도로 28개, 보조간선도로 59개의 교통축을 가지고 있음
  - 대전광역시는 고속도로 6개, 주간선도로 16개, 보조간선도로 29개의 교통축이 존재함
  - 광주광역시는 4개의 고속도로, 주간선도로 11개, 보조간선도로 23개의 교통축이 존재함
  - 부산광역시는 9개 고속도로, 44개 주간선도로, 62개 보조간선도로가 교통축에 존재함
  - 울산광역시는 2개 고속도로, 26개 주간선도로, 56개 보조간선도로가 교통축에 존재함
  - 대구광역시는 8개 고속도로, 36개 주간선도로, 31개 보조간선도로가 교통축에 존재함

#### 다. 단위구간 설정

- 2013년 부천시 차량주행거리 산정 시 적용하였던 교차로 기준에 따라 단위구간을 설정함
- 단위구간 내 교통량은 변하지 않고 하나의 값을 가지기 때문에 단위구간 내 수집교통량이 존재하는 링크가 존재할 경우 전체 단위구간의 교통량의 값을 가짐. 2개 이상의 다중의 값이 존재할 경우 링크거리에 대한 가중 평균값을 이용함

<표 16> 도시별 단위구간 수집 DB자료 현황

구 분		인천광역시			대전광역시			광주광역시		
교통축 수		93			51			38		
교통량 수집 현황		전체	수집	수집율	전체	수집	수집율	전체	수집	수집율
	도시고속	21	21	100.0	28	28	100.0	20	10	50.0
	주간선	355	195	54.9	192	187	97.4	118	56	47.4
	보조간선	476	80	16.8	257	200	77.8	211	108	51.1
	계	852	296	34.7	477	415	87.0	349	174	49.8
구 분		부산광역시			울산광역시			대구광역시		
교통축 수		105			77			75		
교통량 수집 현황		전체	수집	수집율	전체	수집	수집율	전체	수집	수집율
	도시고속	39	19	48.7	2	2	100.0	49	16	32.6
	주간선	459	100	21.7	238	168	70.5	297	38	12.7
	보조간선	258	25	9.6	242	83	34.3	201	21	10.4
	계	756	144	19.0	482	253	52.4	547	75	13.7

## 라. 교통량 추정

- 교통량 추정 과정은 크게 5개의 단계(Step)로 구성됨
  - Step 1. 대안 모형 구축
  - Step 2. 모형 간 비교 분석 및 모형 선정
  - Step 3. 모형 적용 결과 오차율 분석
  - Step 4. 모형 보정 및 최종 모형 선정
  - Step 5. 공간통계기법 적용
- 대안 모형 구축(Step 1)단계에서는 미국의 HPMS방법과 회귀모형을 대안으로 설정하여 각각의 방법으로 모형 추정 및 결과를 도출함
- 모형 간 비교 분석 및 모형 선정(Step 2) 단계에서는 HPMS방법과 회귀모형의 결과를 비교하여 오차율 기준 정확성이 높은 모형을 선정함
- 모형 적용 결과 오차율 분석(Step 3)단계에서는 Step 2에서 선정된 모형의 결과를 다양한 측면에서 분석하여 문제점을 검토하는 중간단계임
- 모형 보정 및 최종 모형 선정(Step 4)단계에서는 Step 3에서 진단된 문제점을 보정하기 위한 방안을 도출하고, 이를 적용한 최적 모형을 선정하는 과정임
- 공간통계기법 적용(Step 5)단계에서는 Step 4 모형 적용 결과의 정확도를 향상시키고자 공간통계기법을 적용하는 과정임

## 마. 차량주행거리 산정

- 도시부 차량주행거리 산정 시 회귀모형과 크리깅기법이 결합한 회귀크리깅을 이용하며, 작년 부천시 차량주행거리 산정 때 이용하였던 교차로 기준으로 단위구간을 설정함
- 모든 도시별 수집교통량을 이용하여 회귀모형 및 크리깅을 이용하여 도시별 총 차량주행거리를 산출함

&lt;표 17&gt; 도시부 총 차량주행거리 산정 결과

		관측VKT	추정VKT	총 VKT
인천	계	14,716,113	7,872,520	22,588,633
	도시고속도로	7,460,509	-	7,460,509
	주간선도로	5,885,159	3,637,191	9,522,350
	보조간선도로	1,370,445	4,235,329	5,605,773
대전	계	10,363,963	638,444	11,002,407
	도시고속도로	3,692,825	-	3,692,825
	주간선도로	4,599,748	43,471	4,643,218
	보조간선도로	2,071,391	594,973	2,666,364
광주	계	4,716,174	2,661,708	7,377,882
	도시고속도로	1,553,504	823,784	2,377,288
	주간선도로	1,703,030	817,083	2,520,112
	보조간선도로	1,459,641	1,020,841	2,480,482
부산	계	7,908,754	13,985,456	21,894,210
	도시고속도로	3,205,994	1,531,626	4,737,620
	주간선도로	4,233,293	9,717,298	13,950,591
	보조간선도로	469,467	2,736,532	3,205,999
울산	계	5,494,390	2,115,069	7,635,613
	도시고속도로	153,787	-	153,787
	주간선도로	4,596,101	1,141,861	5,737,962
	보조간선도로	744,502	973,208	1,743,864
대구	계	6,517,857	11,032,689	17,550,546
	도시고속도로	5,176,460	3,046,776	8,223,235
	주간선도로	1,086,261	5,719,524	6,805,786
	보조간선도로	255,136	2,266,389	2,521,525

#### 바. 민감도 분석

- 차량주행거리 산정에 많은 영향을 미치는 교통량이 수집되는 단위구간 중 전체 수집표본수의 10%부터 80%까지 점진적으로 무작위로 추출한 표본을 증가시키면서 모형을 추정하고, 모형 추정에 사용되지 않은 데이터들로부터 ‘추정값’과 ‘참값’을 비교함
- 회귀모형과 회귀크리깅의 MAPE를 비교하여 회귀크리깅 기법이 오차율을 줄이는 효과 분석함
- 상기 과정을 10회 반복 수행하여 각 회차별 평균오차율(MAPE)을 산출하고, 각 회차별 평



균오차율의 평균과 표준편차를 산출함

- 민감도 분석결과, 공간통계기법인 크리깅기법이 회귀모형의 잔차를 보정하여 참값과 추정값 사이의 잔차를 줄여주는 방법이라는 것을 보여주고 있음
- 일반적으로 표본 크기가 커지면 오차율이 감소하는 것을 파악할 수 있고 같은 표본 수 일 때 회귀크리깅 방법이 더 낮은 오차율을 보여줌

#### 사. 소결

- 대부분의 도시에서 ITS검지기를 이용한 교통DB 수집시 도로망의 소통상황을 파악하기 위한 용도로 통행속도를 조사하고 교통 정책 수립시 필요한 교통량 자료는 적은 지점에서 시행하고 있음. 인력을 통한 현장조사 또한 차종별, 시간대별로 통행속도 및 교통량을 제공하고 있으나 다른 자료의 형태와 호환성이 떨어져 공간프로그램과 매칭하는 작업이 추가적으로 요구됨
- 각 링크별 공간적인 위치정보는 링크의 중간지점에 위치하는 지점의 위치정보를 사용함. 현재 링크간 거리는 유클리드 거리를 통해 구하고 있으나 교통네트워크 위의 경로 길이로 대체해야 함. 이를 위해 도시별 링크에 대한 행렬(Matrix)을 구축하여야 하나 도시별 하나의 자료로 장기간동안 구축한다면 공간통계기법 단계에서 보다 더 유의한 결과를 보여줄 것이라 기대함
- 현재 회귀모형은, 도로기능, 최고제한속도, 차로수, 토지이용현황, 중앙분리유형, 행정구역, 평균교차로 간격, 주간선도로접촉여부, 총 8가지 형태의 변수를 가지고 구축하고 있음. 향후 교통량에 영향을 주는 다른 변수들을 추가하여 회귀모형의 설명능력을 향상하고자 함
- 본 연구에서는 기존 8개의 설명변수에 ‘도시 중심지로부터 거리’라는 변수 가지고 2개의 층(외부, 내부)로 나누어 층별 별도 회귀모형 구축 및 민감도 분석 시행함

## 6. 차량주행거리를 활용한 지표개발

### 가. 차량주행거리 관련 지표

- 본 연구의 차량주행거리 관련 지표에 활용할 자료는 재차인원, 지역별 인구, 경제인구, 연료소모량, 차량등록대수, 차로수 고려 도로연장, 토지용도임
- 각 통계자료는 다음과 같이 산출 과정을 통해 지표로 활용됨
  - 여객 VKT(인·km): 지역별 차량주행거리와 지역별 재차인원의 곱으로 산출함
  - VKT/인구 1인당, VKT/경제인구 1인당(대·km/인): 지역별 차량주행거리를 각 지역별 인구, 경제인구로 나누어 인당 차량주행거리를 산출함
  - VKT/연료소모량(대·km/천TOE): 연료소모량 당 차량주행거리를 산출함
  - VKT/차량등록대수(대·km/대): 지역별 차량주행거리를 각 지역별 차량대수로 나눠주어 차량등록대수 대비 차량주행거리를 산출함
  - VKT/lane·km(대/lanes): 차로수를 고려한 도로연장대비 차량주행거리를 산출함
  - VKT/시가화면적, VKT/시가화율, VKT/주거면적, VKT/상업면적 등(대·km/m<sup>2</sup>): 차량주행거리를 각 토지용도별 면적으로 나누어 용도면적 대비 차량주행거리를 산출함

### 나. 지역별 비교 및 분석

#### 1) 여객 차량주행거리

- 지역별 차종별 차량주행거리 중 1종인 승용차의 차량 주행거리와 승용차의 평균재차인원(시군간, 내부존)을 곱하여 산출한 결과 경기도의 승용차 여객 차량주행거리가 가장 길고, 세종시의 승용차 여객 차량주행거리가 가장 짧게 나타남
- 2종인 버스의 차량주행거리와 버스 재차인원을 곱하여 버스의 여객 차량주행거리를 산정한 결과 경기도의 여객 차량주행거리가 가장 긴 것으로 나타나며, 서울시의 버스 여객 차량주행거리가 가장 짧은 것으로 확인됨

#### 2) VKT/인구

- 각 지역별 인구대비 차량주행거리를 산정한 결과 인구 1인당 차량주행거리가 가장 긴 지역

은 세종시이며, 이어서 충청남도, 충청북도, 경상북도, 전라남도 순으로 확인됨. 인구 1인당 차량주행거리가 가장 짧은 지역은 서울시임

- 경제인구 1인당 차량주행거리가 가장 긴 지역은 충청북도이며, 이어서 충청남도, 강원도, 경상북도 순으로 나타남. 인구 1인당 차량주행거리와 마찬가지로 서울시의 경제인구 1인당 차량주행거리가 가장 짧은 것으로 확인됨

### 3) VKT/연료소모량

- 지역별 연료소모량 대비 차량주행거리가 가장 긴 지역은 전라남도이며, 가장 짧은 지역은 서울시로 확인됨. 이는 서울시의 연료소모량은 많으나 이에 비해 지역간도로의 차량주행거리는 짧기 때문에 과약됨

### 4) VKT/차량등록대수

- 차량등록대수 대비 차량주행거리는 승용차는 1종에 대한 지역별 차량주행거리를 적용하였으며, 승합차는 2종, 화물+특수차는 3종(5종 구분 시 3종, 4종, 5종)의 지역별 차량주행거리를 이용함
- 승용차의 차량등록대수 대비 차량주행거리가 가장 긴 지역은 세종시이며, 가장 짧은 지역은 서울시임, 승합차와 화물+특수차량의 경우 충청북도가 차량등록대수 대비 차량주행거리가 가장 긴 것으로 나타남. 서울시는 승합차와 화물+특수차에 대한 차량주행거리가 전국에서 가장 짧은 것으로 확인됨

### 5) VKT/lane·km

- 전체도로 대비 차량주행거리가 가장 긴 도로는 경기도 이며, 가장 짧은 도로는 서울시로 확인됨. 고속국도, 일반국도, 국지도, 지방도의 lane·km 대비 차량주행거리 또한 경기도가 가장 길고, 서울시가 가장 짧게 나타남

### 6) VKT/토지용도면적

- 각 지역별 토지용도면적 대비 차량주행거리 지표 확인 결과, 주거면적은 충청북도와 충청남도의 차량주행거리가 길게 나타났으며, 서울시의 주거면적 대비 차량주행거리가 가장 짧은

것으로 확인됨. 상업면적 대비 차량주행거리가 가장 긴 지역은 충청남도이며, 공업면적 대비 차량주행거리가 가장 긴 지역은 경기도로 확인됨. 서울시는 상업면적 대비 차량주행거리와 공업면적 대비 차량주행거리가 전국에서 가장 짧게 나타남

- 도시 총 계획면적 대비 차량주행거리가 가장 긴 지역은 경기도와 충청남도이며, 가장 짧은 지역은 서울시임. 시가화면적 대비 차량주행거리가 가장 긴 지역은 경기도이며, 가장 짧은 지역은 서울시로 확인됨

#### 다. 광역시 도시부 비교 및 분석

##### 1) 여객주행거리

- 6대 광역시 차량주행거리 산정 시 활용한 교통량 자료는 ITS검지기와 현장조사를 통해 수집됨. 이 중 ITS검지기 교통량 자료는 차종별 교통량을 제시하지 않아 차종별 교통량을 파악하는데 한계가 있음
- 현장조사를 통해 산출한 차종별 교통량을 활용하여 광역시 차종별 차량주행거리를 산출함

##### 2) VKT/인구

- 각 지역별 인구대비 차량주행거리를 산정하여 도시별 개인이 자동차를 이용한 통행거리를 분석한 결과 인구 1인당 통행거리가 가장 긴 지역은 인천광역시이며, 가장 짧은 지역은 광주광역시임
- 경제인구 1인당 통행거리가 가장 긴 지역은 인천광역시이며, 인구 1인당 통행거리와 마찬가지로 광주광역시의 경제인구 1인당 통행거리가 가장 짧은 것으로 확인됨

##### 3) VKT/연료소모량

- 지역별 연료소모량 대비 차량주행거리가 가장 긴 지역은 인천광역시이며, 가장 짧은 지역은 광주광역시로 확인됨

##### 4) VKT/차량등록대수

- 차량등록대수 대비 차량주행거리는 차종별 1대당 차량주행거리를 나타내며, 차종별 차량주행

거리를 차량등록대수로 나눠서 산출함

- 승용차의 1대당 차량주행거리가 가장 긴 지역은 인천광역시이며, 가장 짧은 지역은 광주광역시임. 버스의 경우에는 대구광역시가 가장 길며 인천광역시가 가장 짧음. 화물차의 1대당 평균주행거리는 인천광역시가 가장 길며, 대전광역시가 가장 짧음

#### 5) VKT/Lane·km

- 차로 당 차량대수는 차로 용량과 결합하여 도시부 혼잡도를 파악하기 위한 도시부 교통류 특성지표가 될 것으로 예상됨
- 도시 내 차로당 차량대수가 많은 도시는 광주광역시이며, 인천광역시가 차로당 차량대수가 가장 적음. 차로 당 차량대수가 많은 것은 차로용량대비 차량대수가 많은 것이며 이를 혼잡도로 판단하여 광주광역시가 도시부 교통망에서 가장 혼잡한 도시라고 볼 수 있음

#### 6) VKT/토지용도면적

- 각 지역별 토지용도면적 대비 차량주행거리 지표 확인 결과, 주거면적은 인천광역시의 차량주행거리가 가장 길게 나타났으며, 광주광역시와 울산광역시의 주거면적 대비 차량주행거리가 가장 짧음. 상업면적과 공업면적 대비 차량주행거리가 가장 긴 지역은 모두 대전광역시로 확인됨. 광주광역시는 상업면적 대비 차량주행거리와 공업면적 대비 차량주행거리가 전국에서 가장 짧게 나타남
- 도시 총 계획면적 대비 차량주행거리가 가장 긴 지역은 인천광역시이며, 가장 짧은 지역은 울산광역시임. 시가화 면적 대비 차량주행거리가 가장 긴 지역은 대전광역시와 인천광역시이며, 가장 짧은 지역은 울산광역시로 확인됨

#### 7) 차량주행거리 관련지표를 활용한 차량주행거리 산정결과 검토

- 차량주행거리를 활용한 다양한 지표를 통해 본 연구에서 산정한 6대광역시 차량주행거리 산정 결과의 적절성을 간접적으로 검증하고자 함
- ‘도시별 비교를 통한 방법’은 특정 지표를 산출하고 그 지표 값(value)의 결과가 광역시급 도시로서 갖게 되는 적정범위 내에 포함되는지를 통해 적절성을 검증하는 방법임
- ‘타 기관에서 산정하는 차량주행거리와의 비교를 통한 방법’은 교통안전공단에서 산정하는

차량주행거리와의 비교를 통해 본 연구에서 산정한 차량주행거리 결과를 검증하는 방법임

- 상기한 두 방법(도시별 비교를 통한 방법, 타 기관 산정 결과의 비교를 통한 방법)으로 차량주행거리 산정 결과의 적절성 검토를 위해 차량주행거리를 활용한 지표를 산출하고자 함
- 여기에서 산출하고자 하는 차량주행거리(이하 ‘VKT’) 기반 지표는 다음과 같음
  - 총도로연장 대비 VKT
  - 차량등록대수 대비 VKT
  - 차량등록대수\*도로연장 대비 VKT
  - 차로수\*도로연장대비 VKT
  - 차량등록대수\*차로수\*도로연장대비 VKT

#### 라. 시사점

- 차량주행거리를 활용한 지표산정 결과를 바탕으로 각 지역별 차량주행거리에 대하여 확인하고, 이를 통해 각 지역별 지표별 차량주행거리를 비교함
- 본 연구에서 산정한 차량주행거리의 적절성을 검토하기 위해 교통안전공단에서 도시별 차량등록대수와 도시부 총 도로연장을 통해 산출한 차량주행거리를 비교하였음
- 다양한 지역별 차량주행거리 활용 지표를 검토하고, 이를 통해 지역별 비교를 수행함. 본 연구에서는 총 6개의 지표에 대한 값을 산출하였지만 향후 더욱 다양한 지표 개발 및 분석을 통해 각 지역별 도로 및 교통 정책과 평가에 활용 될 것으로 기대함

## 7. 교통망성능평가를 위한 가이드

### 가. 자료수집의 한계 및 개선방안

#### 1) 교통Data 수집의 한계 및 개선방안

- 차량주행거리는 단위구간 교통량과 링크길이의 곱을 합산한 값이므로 산정을 위해 교량 자료 및 도로속성정보 중 링크연장 자료가 필요함
- 중앙정부와 각 지자체가 자체적인 ITS시스템으로 차량 흐름을 파악할 수 있는 통행속도 자료 수집은 다소 원활히 이루어져 있음. 그러나 교통량에 대한 자료수집은 인력조사에 의존하고 있으며 도심지와 같은 특정구역에 몰려있는 경우가 많음
- 교통량 자료는 연평균일교통량(Annual Average Daily Traffic Volume)을 DB구축할 때 사용하며, 교통량 수집기간이 어느 특정일의 시간대라면 시간 보정계수, 요일 보정계수, 월 보정계수를 통해 조사교통량의 단위를 보정하는 추가적인 작업이 필요함
- 수집교통량이 존재하지 않는 단위구간에 대한 교통량 추정을 위해 회귀모형 구축시 미지의 교통량에 영향을 줄 수 있는 직·간접적 요인들(사회경제적, 도로의 기능적, 공간적 요인 등) 또한 링크의 교통량 및 도로연장길이 구축 시 같이 포함되어야 함
- 차량주행거리 산정을 위해 필요한 자료의 수집 정도를 보여주는 지표로 현재 링크의 단순 수집율로만 제시하고 있음
- 수집율만 제시했을 때 보이는 한계점은 도시별로 수집된 링크의 공간적인 분포도를 확인할 수 없어 향후 공간통계기법을 사용하는 것이 적절한지에 대한 판단을 내리기 어려움
- 본 연구에서 제안하는 수집정도를 표현하는 지표는 ‘자료의 공간적 수집 균일도’로 대상 도시의 DB가 수집된 링크의 공간적인 분포도 및 균일도를 함께 제시하고자 함
- 차량주행거리를 산출하기 위한 기초자료를 수집하는데 발생하는 시간적·경제적 비용을 고려해야하기 때문에 자료의 수집과 차량주행거리 갱신하는 주기를  $n$ 년으로 하여 VKT을 이용한 다른 지표와 자료 구축비용을 모두 감안하고자 함
- 현재 주요 교통 DB인 도로속성정보, ITS표준노드링크 또는 교통주제도, ITS검지기나 현장 조사를 통하여 얻은 교통량 정보, 즉 3종류의 이질적인 DB를 일원화하는 매칭작업이 추가적으로 필요함

## 2) VKT 추정 방법론

- 향후 VKT 산정할 때 교통측 설정과정에서 도로기능을 단순히 고속도로와 간선도로로 구분하고 VKT 정확도를 함께 제시하여 현재 시행하고 있는 방안과 비교분석하고자 함
- 도시 내 도로기능에 따른 비율이 중앙정부에서 권고하는 비율과는 상이한 분포를 보이고 있어 이를 해결하기 위한 사회기반시설을 확충해야 함
- 더 나아가 도시계획상의 도로 분류 기준을 정량화하는 방안을 수립하여 해당 도로가 도로기능에 맞는 역할을 수행해야 함
- 향후 단위구간 설정 시 도시 내 교통량 자료 구축 및 확보 정도, 적용 용이성 등을 감안하여 단위구간 설정 기준을 설정해야 함
- 교통량 추정시 고려해야 할 사항은 회귀모형 구축 시 종속변수(교통량)를 정확히 반영하는 변수들을 추가적으로 찾아내어 모형의 수정결정계수를 우선적으로 높이고, 공간통계기법을 이용해 추가적인 정확도 향상을 이루어내고자 함
  - 지리적 특성 중 읍면동보다 더 세밀한 집계구 개념을 회귀모형에 반영하면 위치정보와 교통량 간의 상관관계가 기존 행정구역 구분기준보다 높을 것으로 예상함
  - 현재 공간통계기법 또는 ‘중심지로부터 거리’ 활용시 링크 중심노드 간의 유클리디안 거리를 활용하여 분석하고 있음. 하지만 교통네트워크 특성상 SPP(Shortest Path Problem)의 측면에서 링크간 거리 matrix를 구축 후 공간적인 분석을 할 것을 제안함
- 방향별 차량주행거리로 나누어 시간대별로 차량주행거리를 산출하는 것은 도시 내부 행사 전후, 또는 첨두시간대 방향별 교통량 차이를 파악하여 보다 다양한 도시부 특정 시간대 교통 문제에 적합한 자료(Hourly Vehicle Kilometer Traveled)가 될 수 있음
- 방향별 교통량을 산정하기 전 방향에 대한 정의 및 구분이 필요하며 교통량 유발 시설의 공간적인 분포, 주변도시와의 관계를 추가적으로 고려해야 할 필요가 있음
  - 방향에 대한 정의 중 격자형 도로에서 기준점(시점), 순환형 도로에서 방향 설정방법 등 순방향, 역방향에 대한 정의를 먼저 수립할 필요가 있음

## 3) 차량주행거리 활용목적

- 미국은 연방정부를 중심으로 HPMS를 통해 차량주행거리 DB를 구축하고, 이 자료를 바탕으로 주정부가 연방정부로부터 재정지원을 받음



- 차량주행거리 통계자료를 이용하여 온실가스 배출량 산정 가능함
  - 미국 환경보호청(EPA)에서는 차량주행거리를 이용하여 온실가스 배출량을 산정하고 있음
  - FHWA에서는 LA, 워싱턴 등 대도시 첨두시간대에 유료도로 요금 산정할 때 VMT를 이용함
- 도시별 교통혼잡으로 인한 사회적 비용을 차량주행거리를 통해서 제시 가능함
  - 예비타당성 지침 기준 차량주행거리는 통행거리와 통행속도의 함수로 이루어져 있음
- 오리건(Oregon) 주에서 연료세를 주행거리세로 전환하는 방법이 기술적으로 가능하다는 것을 파악함. 또한 인센티브를 통해 주행거리세로의 완전한 전환을 유도하고 더 나아가 혼잡지역의 주행거리에 가중거리를 부여해 혼잡통행료의 세금까지 걷는 것이 가능하다는 결론을 얻음

## 나. 차량주행거리 산정을 위한 가이드

### 1) 시스템 일반화 방안

- 중소도시의 교통축을 설정할 때, 도로기능을 분류기준이 애매모호한 주간선도로와 보조간선도로를 통합한 간선도로 및 고속도로로 이원화 한 후, 다른 도로속성정보를 통해 분류화 작업을 할 것을 제안함
- 타 지역의 자체적인 회귀모형 구축 시 종속변수(교통량)에 정확히 영향 주는 변수들을 추가적으로 찾아내어 모형의 수정결정계수를 우선적으로 높이고, 공간통계기법을 이용해 추가적인 정확도 향상을 이루어내고자 함

### 2) 시스템의 적정 정확성

- 부천시와 6대 광역시 모두 수집율이 교통량 정보를 가지고 있는 전체 단위구간의 20~30%의 수집율에서 오차율(MAPE)이 급격히 올라감
  - 20%이상의 표본추출율의 추정교통량 오차율(MAPE)는 일정하게 유지됨에 따라 전체단위 구간 수의 20%를 최소 교통DB수집 수로 지정하고자 함
- 관측구간 교통량 수집 단계에서는 방향별 교통량 수집이 가능한 구간을 대상으로 교통량을 수집하는 단계임. 향후 차량검지기를 통한 교통량 수집 시 검지기의 교통량 계측 오차보정이 필요함

- 차량주행거리 산정방법론 설정 단계에서는 대상도시의 교통량 자료 확보율과 층별 AADT 변동계수 산정가능여부에 따라 차량주행거리 산정방법론을 제시함
- 교통량 자료 확보율이 30%이상일 때에는 가용 교통량자료를 이용하여 HPMS 방법론을 적용함
- 교통량 자료 확보율이 30%미만일 때에는 회귀크리깅을 적용하여 차량주행거리를 산정해야 함

### 3) 시스템의 효율성

- 자료를 수집하는데 시간적·경제적 비용또한 고려해야 하는데, 갱신주기가 짧을수록 더 많은 시간경제적인 요소가 소비되지만, 해마다 자료 비교 및 정확성에 대해서는 향상되는 결과를 얻음
- 필요한 교통DB 간 호환성이 차량주행거리 산정 시스템 구축 시 보다 더 간소한 자료 통합 과정을 구축하여야 함

## 8. 결론 및 정책제언

### 가. 연구결과

- 본 연구는 차량이 대상 도시에 실제로 주행한 거리인 ‘차량주행거리(VKT, Vehicle Kilometers Traveled)’를 산정하기 위해 교통량 부재 구간의 교통량을 추정하였음
- 주변 교통량 자료를 활용하여 미지의 단위구간 교통량을 추정할 경우에 발생할 수 있는 오차발생 원인을 규명하고, 각 원인이 차량주행거리 추정 정확도에 미치는 영향정도를 정량화하여 효율적인 차량주행거리 추정방안을 제시하였음
- 대상도시인 6대 광역시를 대상으로 차량주행거리 산정 시 오차발생 원인을 여러 가지 시나리오를 구성하여 민감도분석을 수행하였음. 분석결과를 요약하면 다음과 같음
  - 도시별 차이는 있지만 교통량 추정시 HPMS방법보다 회귀모형 적용 결과가 정확성 측면에서 우수한 결과를 보임
  - 공간통계기법을 이용한 회귀크리깅의 오차율이 다른 추정방법보다 차량주행거리 산정정확도가 우수함
  - 민감도 분석에서 전체적으로 표본 크기가 클수록 교통량 오차율은 약 30% 이상 일정하게

유지되고, 총 차량주행거리 오차율은 감소하였음

- 향후 다른 도시의 차량주행거리 산정 연구를 위해 도시 규모별 차량주행거리 산정 시의 가이드라인을 제시함
- 효율적인 차량주행거리 산정 가이드라인은 차량주행거리 산정 시스템 구축방안과 고려사항으로 나누어 제시하고자 함
  - 차량주행거리 산정 시스템 구축방안은 차량주행거리 산정 시스템의 일반화 측면에서 보이는 검토방안, VKT 갱신주기 및 비용효율성을 제시함
  - 차량주행거리 산정 시스템 구축시 고려할 부분은 차량주행거리 산정을 위한 직간접적인 자료 형태, 서로 다른 형태의 자료를 연계 및 호환하는 방법, 그리고 차량주행거리가 다른 성능평가의 지표로써 사용되는 분야를 제시함

#### 나. 정책제언

- 향후 지역별 자동차주행거리를 추정을 위해서는 다음과 같은 연구가 추가적으로 수행될 필요가 있음
  - 첫째, 향후 전국 타 도시의 차량주행거리 추정을 위한 기초자료 구축이 필요함. 각 도시의 단위구간 수, 교통량 분포 및 구간별 교통량 등에 대한 자료 수집의 어려움으로 부천시 및 6대 광역시의 결과를 적용하는 데 한계가 있음. 도시규모별로 정확한 차량주행거리를 추정하기 위해서는 도시별 교통량 분포형태 및 차량주행거리 산정 대상 도로속성, 변동계수, 도로등급 또는 기능별 구성비, 기타 사회경제적 속성 반영 가능 여부 등과 같은 사항에 대한 추가적인 고려가 필요함
  - 둘째, 도시별 수집지점에 대한 공간적 분포도를 나타내는 지표 개발이 필요함. 현재 전체 링크에 대한 교통DB수집링크의 비율과 같은 지표를 통해 지역별 수집현황을 나타내고 있으나, 수집구역에 대한 밀집도는 파악하기 어려워 수집분포도와 오차율의 연관성을 규명하기 어려움
  - 셋째, 현재 지자체 및 정부에서 조사한 자료가 불충분할 경우 추가 조사지점에 대한 연구가 필요함. 부천시 및 6대 광역시 차량주행거리 산정할 때 민감도 분석을 통해 단위구간 평균오차율을 알아내기 위해 필요한 표본 수를 파악하였으나, 그 수를 고르게 분포하는 방법론이 개발되어 있지 않고 경험적 방법에 의해 지점 선택하고 있음. 향후 지자체에서 효율적인 ITS검지기 또는 인력조사 지점 배치를 위해 이 부분에 대한 연구가 필요함
  - 넷째, 회귀모형을 통한 추정교통량과 관측교통량을 이용하여 산출하는 회귀모형의 정확도를

향상시키기 위해 회귀모형에 적용될 수 있는 변수들을 더 검색해보아야 함. 현재 교통량에 영향을 미치는 요소는 도로속성정보 및 일부 사회경제지표이나 이 정보를 포함하여 도시 내 교통량에 영향을 줄 수 있는 요인들을 새롭게 찾아내야 함

## 제1장 과업의 개요

---

제1절 과업의 배경 및 목적

제2절 과업의 범위 및 내용

제3절 과업의 성과 및 기대효과



## 제1장 과업의 개요

### 제1절 과업의 배경 및 목적

#### 1. 과업의 배경

- 70년대 이후 건설중심의 도로정책으로 경제 활성화, 균형발전 등의 효과는 있었으나 도로혼잡, 지체, 교통사고 등의 사회적 문제는 지속적으로 야기되고 있음
  - 특히 도시부 도로의 혼잡구간, 지체 등은 매년 증가 추세로 이로 인해 매년 수십조 원의 사회경제적 손실이 발생하고 있음
- 교통혼잡 및 지체발생구간을 해소하기 위해 도로신설/확장, 버스전용차로 등의 다양한 방안이 마련되고 시행되었으나 근본적인 해결책은 되지 못하고 있음
  - 미국, 유럽 등 국외에서도 증가하는 이동수요, 혼잡, 높은 에너지 소비량 등의 사회·경제적인 문제점을 해결하기 위해 다양한 방법을 모색하고 있음
- 미국, 영국, 호주 등에서는 이러한 교통문제를 해결하기 위해 교통DB를 기반으로 한 교통네트워크 성능평가를 시행하고 있음
  - 교통네트워크 성능평가(Network Performance measure)는 교통네트워크의 성능을 평가하는 것임. 여기서 성능(Performance)은 평가 대상주체에 따라 다양하게 해석될 수 있음
  - 분석 대상주체 ‘자동차’, ‘대중교통’, ‘인프라’ 등에 따라 성능이 속도, 버스내 혼잡도, V/C 등이 해당됨
- 특히 미국의 경우 각 주정부별 교통DB 관리시스템을 통하여 교통DB를 수집하고 있으며 이에 기반하여 교통네트워크 성능평가를 실시하고 있음
  - ‘12년 Performance based planning인 MAP-21(Moving Ahead for Progress in the 21st Century)의 입법화를 통하여 각 주정부별 교통네트워크 성능평가 계획과 실적달성에 따라 예산을 지원하고 있음
  - 4년마다 성능평가 계획과 실적달성 정도를 평가하고 있으며 실적을 달성하지 못할 경우 패널티를 적용하여 예산을 감소하여 지원함

- 국내에서도 교통부문의 IT 기술발달과 더불어 SOC 건설에서 교통운영 및 관리로의 정부 국  
정철학이 이동하면서 교통네트워크 성능평가에 대한 관심이 높아지고 있음
  - 정부에서도 향후 대도시 교통혼잡개선사업을 위해 교통망 성능평가 결과의 활용계획을 가  
지고 있음
- 교통네트워크 성능평가의 대표적인 항목은 차량주행거리와 혼잡 등임
- 차량주행거리(VKT: Vehicle Kilometer Traveled)는 해당 도로를 모든 차량들(교통량)의  
이동거리 합으로 혼잡산정, 온실가스 배출량 산정, 혼잡요금, 유료도로 탄력요금 등의 다양  
한 교통정책분석의 기초자료로 이용되는 중요 지표임
  - 국외에서는 1990년대부터 교통DB를 이용하여 교통량 기반 차량주행거리를 산정해 오고 있음
  - 그러나 국내에서는 교통량 부재로 차량주행기록계를 기반으로 한 차량주행거리만이 제공됨  
에 따라 도로별, 지역별 정확한 차량주행거리는 존재하지 않는 상황임
  - 앞서 제시한 혼잡, 온실가스배출량산정 등은 교통량 기반의 차량주행거리로만 산정 가능함
- 이에 본 과업에서는 ‘12~’13년 정립한 차량주행거리산정방안을 바탕으로 국내 지역간 도로  
와 6대 광역시를 대상으로 차량주행거리산정방안을 정립하고, 이를 바탕으로 차량주행거리를  
산정하여 제시하고자 함
  - ‘12년 인구 50만 명 이하 도시 중 과천시
  - ‘13년 인구 50~100만 명 도시 중 부천시
  - ‘14년 인구 100만 명 이상 도시 중 6대 광역시 + 지역간 차량주행거리 산정
- 마지막으로 전국의 차량주행거리 산정하기 위해 확대방안과 산정 가이드라인을 제시하고자 함



## 2. 과업의 목적

- 본 연구는 교통DB를 활용하여 지역간 도로와 도시부 도로의 차량주행거리를 추정하고, 추정된 차량주행거리를 활용한 지표 개발을 목적으로 함
  - 지역간 도로와 6대 광역시의 도시부 도로 차량주행거리를 추정함에 있어 교통량 자료가 미흡하나, 본 연구에서는 불충분한 교통DB를 활용하여 자료가 확보되지 못한 지점의 교통량을 추정하는 방안을 제시함
  - 차량주행거리를 활용한 평가지표를 개발하고 지표에 따라 도시별 비교 및 분석하고자 함
- 지역간 도로와 도시부 도로의 차량주행거리 병합 방안을 검토함
- 향후 100만 이상 도시의 차량주행거리 산정 가이드라인을 제시하고, 전국 인구 30만 이상도시로의 차량주행거리산정 확대방안을 모색하고자 함

## 제2절 과업의 범위 및 내용

### 1. 과업의 범위

#### 가. 지역간 도로의 차량주행거리

- 본 연구의 지역간 도로 차량주행거리 산정에 있어서 공간적 범위는 전국의 지역간 도로를 대상으로 함
- 본 연구의 시간적 범위는 2013년을 기준으로 함
- 내용적 범위
  - 지역간 도로의 교통DB(교통량, 속도) 수집 및 구축
  - 한국도로공사, 한국건설기술연구원, 국가교통정보센터의 교통량 데이터를 이용한 분석
  - 도로유형(고속국도, 일반국도, 지방도(국지도))별 지역간 도로의 차량주행거리 산정
  - 지역별, 차종별 차량주행거리 산정

#### 나. 도시부 도로의 차량주행거리

- 본 연구의 공간적 범위는 광역시를 대상으로 함
  - ITS(Intelligent Transportation System)가 구축된 광역시 중 데이터 구성 및 저장된 자료의 풍부한 6대 광역시의 교통DB를 활용하여 지역내 차량주행거리(VKT)를 산정함
- 본 연구의 시간적 범위는 2013년 기준으로 하며, 필요에 따라 가장 최신의 자료를 활용함
  - 2013년 1년간 수집된 교통DB(교통량, 속도 등)를 활용함
- 내용적 범위
  - 6대 광역시 지역 내 자동차주행거리(VKT) 산정
  - 6대 광역시의 차량주행거리 결과의 표출
  - 현재 자료체계의 한계, 차량주행거리 산정 및 교통망성능평가의 한계 검토
  - 타 도시들에 확대 적용 시 준비사항 및 고려사항 검토

## 2. 과업의 내용

- 차량주행거리 산정
  - 차량주행거리 산정 관련 기존 연구 고찰
  - 대상도시의 도로망, 대중교통망, 교통DB 수집체계 현황제시
  - 차량주행거리 산정 방법론 제시
  - 차량주행거리 산정결과를 기준으로 차량주행거리 민감도분석 실시
- 지역간 차량주행거리 산정
  - 지역간 총 차량주행거리 산정 뿐 아니라 도로유형별, 지역별, 차종별로 차량주행거리 산정
  - 차량주행거리 관련 지표 비교
- 타 도시들에 확대 적용시 준비사항 및 고려사항 검토
  - 6대 광역시의 도시부 도로 차량주행거리 산정에 있어서 자료수집의 한계 및 개선방안 제시
  - 인구 100만명 이상 도시(대상도시와 유사한 인구규모의 도시)의 차량주행거리 산정을 위한 가이드라인 제시
  - 전국으로 차량주행거리 산정 확대 적용을 위한 정책 제언

### 제3절 과업의 성과 및 기대효과

#### 가. 과업의 성과

- 우리나라 현황에 적합한 차량주행거리산정 및 교통망성능평가
  - 국내외 기존 연구 고찰, 차량주행거리 통계 활용사례 및 교통망성능평가 지표 산출사례 검토를 통해 우리나라에 적합한 차량주행거리 산정 방안과 교통망성능평가 지표 선정
  - 국내 교통Data 적용가능성 검토, 차량주행거리 산정 및 교통망성능평가를 위한 교통Data 구축
- 효율적인 차량주행거리 산정 방안 제시
  - 차량주행거리 추정 오차발생 원인별 차량주행거리 결과 민감도 분석을 통해, 예산 제약 하에서 효율적인 차량주행거리 산정 방안(적정 Sample Rate) 제시
  - 대상도시의 차량주행거리 추정 및 교통망성능평가를 위한 추가 지점 선정

#### 나. 과업의 기대효과

- 교통량DB 부족시 효율적인 교통량 추정방안을 제시할 수 있음에 따라, 도시의 규모 및 예산 제약 하에서 효율적인 교통량 추정 방안을 검토할 수 있음
- 대상도시의 교통량 추정을 통해 교통시스템 성능평가, 차량의 배기가스 배출량 산정, 대기질 분석, 에너지 소비량 계산, 교통영향평가 등 광범위하게 사용할 수 있는 차량주행거리를 산정할 수 있고, 이를 도시별 비교할 수 있도록 함
- 도심 내 속도 및 교통량Data 구축을 통해 기존에 교통량Data 부재로 산출이 불가능했던 교통망성능평가 지표를 산출할 수 있음
- 교통망성능평가 지표 산출을 통해 도시별 정량적 비교가 가능해지며, 이를 통해 중앙정부 및 지자체의 교통분야 예산 분배의 우선순위 검토, 나아가 교통정책의 투명성 제고에 기여될 수 있을 것으로 기대됨
- 차량주행거리 추정과 교통망성능평가의 한계를 검토함으로써, 교통Data 수집을 위해 우선적으로 선행되어야 할 과제를 제언할 수 있음

## 제2장 기존 연구문헌 고찰

---

제1절 차량주행거리 산정사례

제2절 차량주행거리 산정방법론

제3절 시사점



## 제2장 기존 연구문헌 고찰

### 제1절 차량주행거리 산정사례

- 정확한 차량주행거리 산정을 위해서는 도로상에서 운행된 모든 차량들의 총 주행거리에 대한 정확한 정보수집이 가능해야 함
- 현재까지는 현실상 정보수집에 한계로 인해 다양한 방법을 통해 차량주행거리를 추정해 옴
- 동일한 도로일지라도 차량주행거리 산정 방법의 다양성으로 서로 다른 결과가 도출될 수 있으므로 정확한 추정치를 얻기 위한 방법론의 비교 검토가 필요함

#### 1. 산정방법론

- 차량주행거리 산정 방법은 크게 교통량에 기초한 산정방법과 그렇지 않은 방법으로 구분할 수 있음

##### 가. 교통량 자료에 기반 산정방법(Traffic Count-Based Model)

- 차량이동에 대한 실적 값으로 현재 가장 선호하는 방법임
- 표본구역에 대하여 24시간 교통량으로 환산한 교통량을 기준으로 표본구역에 대한 일일 차량주행거리 추정치에 표본구역의 중심선 주행거리를 곱하여 산출하며, 이는 그해의 날짜수를 곱하여 연간으로 환산함
- 도로상의 모든 도로에 대해 교통량 수집이 가능하다면, 차량주행거리를 추정할 필요가 없으나, 대부분의 교통량 수집은 표본 추출에 의한 표본구역 자료를 통해 얻어짐
- 표본 추출(Sampling) 과정에서 도로의 기능별 구분 정도가 자동차 주행거리 산정결과에 영향을 미침

##### 나. 교통량에 기초하지 않은 산정방법(Non-Traffic Count-Based Model)

- 차량주행거리를 추정하는데 있어 비교통량 자료(연료판매, 가구크기, 가구수입, 인구, 운전면허자수, 고용자수, 통행발생행태(Trip-Making Behavior) 등의 사회경제적 자료를 활용함

- 비교통량 자료의 정기적인 수집을 위해서는 비용이 많이 들며, 기존에 수집된 자료에 업데이트하여 차량주행거리 추정에 사용되기도 하나 정확도가 낮음
- 교통량에 기초하지 않은 차량주행거리 추정치는 대상지역의 거주자와 비거주자 사이의 차량주행거리(VKT) 분포와 관련하여 문제점이 있을 수 있음
- 특정지역의 연료판매량에 기초한 차량주행거리 추정치의 경우 해당지역에서 판매된 연료가 모두 같은 지역에서 사용되지 않을 수 있다는 한계가 있음

## 2. 국내 차량주행거리 산정 사례

### 가. 자동차 주행거리 실태분석 연구(교통안전공단)

- 연구의 목적
  - 우리나라 운행자동차의 용도별·차종별·연료별 주행거리 현황을 분석하여 교통사고통계, 국가 간 교통사고율 산정 등 자동차 관련 교통정책 등을 위한 기초통계로 활용함
- 대상지역 및 차종
  - 16개 광역시도(서울, 부산, 대구, 인천, 광주, 대전, 울산, 경기, 강원, 충북, 충남, 전북, 전남, 경북, 경남, 제주)를 대상지역으로 함
  - 대상차종은 자동차관리법 및 자동차검사통합시스템(VIMS, Vehicle Inspection Management System)의 자동차등록마스터 자료를 이용 하여 구분함
- 산정 방법론
  - 표본설계
    - 조사모집단 : 2010년도 기준 국토해양부(現 국토교통부)에 등록중인 전체자동차
    - 표본선정 : 2010년 정기검사를 받은 자동차(VIMS), 편의표본으로 정의
      - ※ 조사자가 편의성만을 염두해두고 표집하였기 때문에 표본의 대표성이나 일반화를 도출하기 어렵지만, 조사 샘플이 랜덤하게 선택되어져 자료분석이 가능함
    - 조사대상 자동차 : 2010년 기준, 등록 자동차의 29.9%에 해당되는 5,258,317대
  - 산출방법
    - 개별 자동차의 주행일수 계산은 최종 자동차정기검사 연·월·일에서 바로 전 정기검사



연·월·일(또는 최종등록 연·월·일)을 뺀 일수로 하되, 윤달이 포함된 해에는 1일을 추가하여 계산함

$$\text{주행일수} = 365 \times (y_2 - y_1) + \frac{365}{12} \times (m_2 - m_1) + (d_2 - d_1)$$

여기서,

- $y_2$ : 최종 자동차 정기검사연도
- $y_1$ : 바로전 정기검사연도(또는 최초등록연도)
- $m_2$ : 최종 정기검사월
- $m_1$ : 바로전 정기검사 월(또는 최초등록 월)
- $d_2$ : 최종 정기검사일
- $d_1$ : 정기검사일(또는 최초등록일)

- 조사된 개별표본의 총 주행거리를 주행일수로 나눈 값들을 합산하여 표본수로 나누어 1일 평균 주행거리(DVKT)를 산출함
- 연평균 주행거리는 평균 주행거리에 연간일수(365일)를 곱하여 산정하고, 월 평균 주행거리는 연평균 주행거리를 월수(12)로 나누어 산정함

#### ○ 방법론의 장점 및 단점

- 장점
  - 실제 자동차의 운행기록 자료를 기반으로 산출하므로 총량적인 수치는 의미가 있음
- 단점
  - 차량 등록지와 실제 운행지가 다를 경우, 지역별 차량주행거리는 실제와 차이가 남
  - 출고 후 4년 미만의 신차는 통계 작성시 누락됨

#### 나. 도로교통량 통계연보(한국건설기술연구원)

##### ○ 연구의 목적

- 고속국도, 일반국도, 국가지원지방도, 지방도의 교통량을 조사하여 도로의 계획과 건설, 유지관리 및 도로행정에 필요한 기본 자료와 각종 연구에 필요한 기초자료를 제공하고자 함

##### ○ 대상지점 및 차종

- 대상지점은 2011년 기준 고속국도 483지점, 일반국도 1,587지점(상시조사 484지점, 수시조사 1,103지점), 국가지원지방도 339지점, 지방도 1,144지점임
- 대상차종은 승용차, 버스, 화물차로 구분하며 세부적으로는 12개 차종으로 구분됨

○ 산정방법 및 항목

- 구간 선정

- 지방도 이상의 도로와 교차하여 교통류의 변화가 생기는 구간을 소구간으로 설정한 후, 교통류의 변화가 크게 일어나는 고속국도, 일반국도와의 교차로 인하여 교통류의 변화가 크게 일어나는 두 분기점 사이의 소구간들을 병합하여 대구간으로 설정함
- 소구간(segment) : 지방도 이상의 교차로간의 구간(단, 교통량이 많은 시군도 포함), 위락 시설 및 휴양지를 통과하는 일반국도로 교통 흐름의 변화가 매우 심한 지점의 구간
- 대구간(section) : 일반국도 이상의 교차로 구간(단, 교통량이 매우 많은 지방도와의 교차구간 포함하고, 시, 읍 구간을 통과할 경우 도시부 내의 구간은 제외함)

- 산정방법

- 도로등급별 주행거리 =  $\sum(\text{도로등급별 해당구간의 평균 일 교통량} \times \text{해당구간 연장})$

$$\text{여기서, 구간의 평균 일 교통량(ADT)} = \frac{\text{해당구간의 총 교통량}}{\text{해당구간의 총 조사일수}}$$

- 산정항목

- 차종별 주행거리(천대·km) 및 연도별 추이
- 도로등급(고속국도, 일반국도, 지방도)별 차종별 주행거리(천대·km) 및 연도별 추이

○ 방법론의 장점 및 단점

- 장점

- 교통량 조사 자료 및 조사 지점간 거리 자료를 바탕으로 주행거리를 산정하므로 비용 대비 효과적이며 계산도 용이함

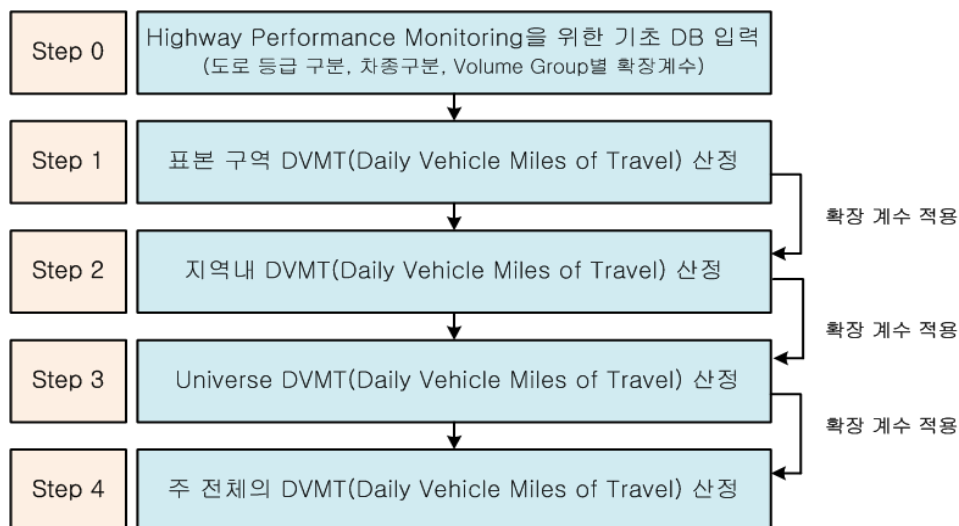
- 단점

- 도시부에 해당되는 차량주행거리(VKT)의 산정이 불가함
- 지방도의 교통량 조사는 수시조사지점이 대부분일 뿐만 아니라, 교통량 수집 구간간 거리도 길어 교통량 수집 지점간 교통량 변화가 없다고 가정하기 어려움
- 도로관리체계 기준으로 주행거리를 산정하므로 도로의 기능을 고려한 차량주행거리 산정이 어려움

### 3. 국외 차량주행거리 산정 사례

#### 가. HPMS(Highway Performance Monitoring System) 방법론

- 연구의 개요
  - HPMS는 모든 일반적인 도로 주행거리의 전국적인 목록 시스템임
  - 1978년에 미연방도로국(FHWA)에 의해 시행되었으며, 그 이후로 주도로국(SHAs)들이 연방도로국에 제출할 연간 보고서를 준비하는데 사용됨
  - 중요한 도로 문제나 새로운 입법 권한이나 규정에 대응하여 정기적으로 재검토됨
  - 도로포장이 중요하다고 했을 때, HPMS DB는 개선된 포장관련 자료를 제공하기 위해 더욱 강화됨
- 차량주행거리(Vehicle Miles Traveled) 산정방법
  - 미국의 HPMS에서 사용하는 차량주행거리 산정방법은 다음 그림과 같이 4단계로 구분할 수 있음



<그림 2-1> HPMS의 VMT 산정 절차

- 도로 현황 모니터링을 위한 기초 DB를 바탕으로 표본 구역내에서의 연평균일교통량(AADT: Annual Average Daily Traffic)와 도로 중심선 길이를 이용하여 DVMT(Daily Vehicle Miles of Travel)을 구하고, 확장계수를 이용하여 이것을 지역내 DVMT를, 지역내에서 Universe의 DVMT를, 다시 주 전체 DVMT를 계산하여 연간 VMT를 계산하고 있음

- 확장계수는 전체지역으로 확장하고, 각 기능상의 종류나 지리상의 지역을 나타내는데 있어 VMT 추정치와 표본구역 자료를 변형시키거나 추론하는 역할을 함
- 확장계수(Expansion Factors : EF)는 표본 구역 데이터를 면적단위 차량주행거리(VMT) 추정치로 변환하거나 추론할 때 사용함
- 확장계수(Expansion Factors : EF)는 다음과 같은 수식으로 계산함

$$EF = \frac{TMVG}{TMSSVG}$$

- EF : 확장계수(expansion factor for the group sampled in a functional class)
- TMVG : 표본 VG (Volume Group)에서의 총 주행거리(total mileage in Volume group sampled in functional class)
- TMSSVG : VG (Volume Group)내 표본 구역에서의 총 주행거리(total mileage in sample sections in volume group)

- 주단위로 확장된 VMT 추정치는 다음과 같은 수식으로 계산함

$$DVMT_s = \sum_i \sum_j \sum_k DVMT_{ijk} \times EF_{ij}$$

- $DVMT_s$  : 주전체의 VMT 추정치 (statewide VMT estimate for functional class j)
- $DVMT_{ijk}$  : 기능상의 종류 j의 그룹 i 내의 표본 구역 k에 대한 VMT (VMT for sample section k in group i of functional class j)
- $EF_{ij}$  : 기능상의 종류 j의 그룹 i에 대한 확장계수 (Expansion Factor for group i in functional class j)

- DVMT 단위는 천단위로 일일 주행거리이고,  $DVMT_s$  (주전체의 VMT 추정치)는 각 도로 기능상의 종류별로 지방(Rural), 작은 도시(Small urbanized), 도시화된 지역(Urbanized)에 대해 구분하여 추정함

- 방법론의 장점 및 단점

- 장점
  - HPMS는 일부도로 및 중심선 주행거리에 대한 차량 이동 실측치를 사용함
  - 거주자와 비거주자의 차량주행거리(VMT) 배분, 연구 대상구역 안과 밖을 통행하는데 있어 발생할 수 있는 문제점 해결이 가능함
  - 주립도로국, 지방정부, 대도시 기관들은 1978년에 처음 시행된 이후로 HPMS의 사용과 연관되어있어 DB 운영 관련하여 과정 등이 유사함

- 단점
  - VMT 추정을 위한 HPMS 입력데이터의 한계가 있음
  - VMT 추정을 위한 HPMS 입력데이터에는 교통량 측정치와 주(state)내부에 모든 도로에 대한 중심선 주행거리를 포함하고 있음
  - HPMS는 사실상 지선도로(local road)에 대한 고려 없이 설계되어 지선도로에 대한 차량주행거리(VMT)는 다른 합리적인 방법론에 따라 계산되어야 함

#### 나. INDOT(Indiana Department of Transportation) 방법론

- 연구의 목적
  - INDOT에서는 HPMS 방법과 같이 교통량 측정 기반이고, HPMS 매뉴얼에서 제시된 방법론을 따르고 있으나, 교통량 수집 지점을 확대하여 교통량 수집의 정확도를 높이하고자 함
- 차량주행거리(VMT) 산정방법
  - 표본구역의 자동차 주행거리(VMT) 추정치는 해당 표본구역의 연평균 일 교통량(AADT)에 해당구역의 길이를 곱하여 계산함
  - 계산된 표본구역에 대한 자동차 주행거리(VMT) 추정치는 전체 지역이나 지방, 작은도시, 도시화된 지역으로 확장하여 나타내기 위해 확장계수(Expansion factor)를 곱하여 변형시킴
  - 확장계수는 HPMS 방법과 동일한 방식으로 계산함
- 방법론의 장점 및 단점
  - 장점
    - INDOT 방법론은 사용하는데 있어 매우 유연함
    - 자동차 주행거리(VMT) 추정치는 필요한 교통 자료가 이용 가능하고 대상구역 내에 경계라든지 도로망이 잘 구축되어있다면 어떤 대상구역에서도 일반화가 가능함
  - 단점
    - 일부 도로 종류에 대한 불충분한 교통 자료에서 오는 한계 및 오류
    - 교통량 자료가 불충분한 일부 도로(minor collectors, urban collectors, local roads)에 대해서는 이용이 불가능하다는 점임

#### 다. 기타 방법론

- 연료 판매량(Fuel Sales)에 기초한 방법론
- 주행기록계 기록(odometer recordings)에 기초한 방법론
- 가구 및 운전자 조사(Household and Driver Survey)에 기초한 방법론
- Highway/Transit network models 방법론
- EPA(U.S. Environmental Protection Agency) 방법론
- Highway/Transit Network를 이용한 교통수요모형 방법론

## 4. 국내 / 국외 차량주행거리 산정방법 비교

&lt;표 2-1&gt; 국내외 차량주행거리 추정방법론 비교

구분		산정 방법	장점	단점
교통 량 기반	한국교통 연구원	-차량검지기 교통량 자 료, 현장조사 및 교통수 요모형을 활용하여 지내 차량주행거리 산정	-도시부 차량주행거리 산정 -교통량 자료에 기반한 산정방법으로 현재 가장 선호하는 방법	-기초 DB 구축에 많은 시간과 비용이 소요 -ITS 구축된 도시에 적 용 가능 -차종 구분을 위한 조사 필요
	한국건설 기술연구원	-관측교통량 기반 지역간 주행거리 산출	-비용대비 효과 좋음 -계산 용이	-도시부 산정불가 -도로기능 고려불가
	HPMS	-표본구역의 $\Sigma$ (AADT* 도로 중심선 길이)를 주 전체로 확장하는 방법 사용	-FHWA의 traffic monitoring guide에서 제시하는 표 준화된 통계적 원리에 따라 교통량 수집 및 관 리로 비용 효과적임	-모든 기능의 도로를 포 함하지 않음 -지선도로(local road)가 표본대상에 포함되지 않음
	INDOT	-HPMS와 동일 방법	-교통량 수집 지점이 HPMS 방법에 비해 월등히 많음	-일부 기능상의 도로 종 류에 대한 불충분한 교통 자료에서 오는 한계 및 오류
연료판매량 기반		-가솔린과 디젤 연료의 소 매 판매량 및 단위가격, 연료효율 등에 기초함	-간단하고 대략적인 추정 및 기초연구에 활용 가능	-연료효율 수치의 직접 적인 측정 불가 -기타 연료 사용차량에 대한 미고려
주행기록계 기반 (교통안전공단)		-각 차량에 장착된 주행거 리 기록계의 거리 합	-모든 차량에 대한 주행 기록계 자료가 있다면 가장 정확한 방법	-표기 및 주행기록계 변 경 등에 따른 오류 발생 -비용문제로 인한 전수 조사 가능성이 낮음
가구 및 운전자조사 기반		-NTPS 데이터를 이용하 여 VMT 산정	-조금 더 안정적이고 정 확한 VMT 추정 가능	-응답자의 기록 변동에 의한 VMT 추정치 정 확도가 달라짐
Highway/Transit Network Model		-도로네트워크를 이용하 여 교통량 예측을 통한 자동차 주행거리 산정	-실제 교통량 자료를 활 용할 경우 비교적 정 확한 자동차 주행거리 산 정 가능	-구역별 통행 발생량 예 측 정확도에 따라 변화 -간략화된 노드와 링크 로 구성될 경우, 산정 결과에 영향

## 제2절 차량주행거리 산정방법론

### 1. 차량주행거리 추정 오차발생 원인

#### 가. Review of Methods for Estimating Vehicle Miles Traveled (Robert K. Kumapley and Jon D. Fricker, 2007)

##### ○ 목적

- 본 연구는 Traffic Count-based 방법과 Non-Traffic Count 방법에 대한 방법론 소개 및 한계점을 제시하고 있음

##### ○ 주요내용

- 본 연구에서 제시한 Traffic Count-based 방법의 차량주행거리 추정 오차발생 원인은 다음과 같음
  - 교통류 특성을 고려하지 않은 계층구분(도로의 기능별 분류 오류)
  - 불충분한 교통량 조사자료(Sampling Rate)
  - 교통량 조사를 위한 구간선택의 편중(Sampling Bias)

##### ○ 시사점

- 차량주행거리 추정의 오차는 대부분 표본추출 과정의 오류에서 발생함
- 계층화, 표본크기 결정 및 조사구간 결정 등 논리적인 표본추출 계획 수립이 필요함
- 본 연구는 차량주행거리 추정의 오차발생 원인을 제시하고 있지만, 구체적인 해결방안은 제시하지 않음
  - 표본추출 과정별로 오차율을 분석하여 차량주행거리 추정치의 정확도를 높이기 위한 방안을 제시할 필요가 있음



### 나. Estimates of AADT: Quantifying the Uncertainty (Gadda et al., 2007)

#### ○ 목적

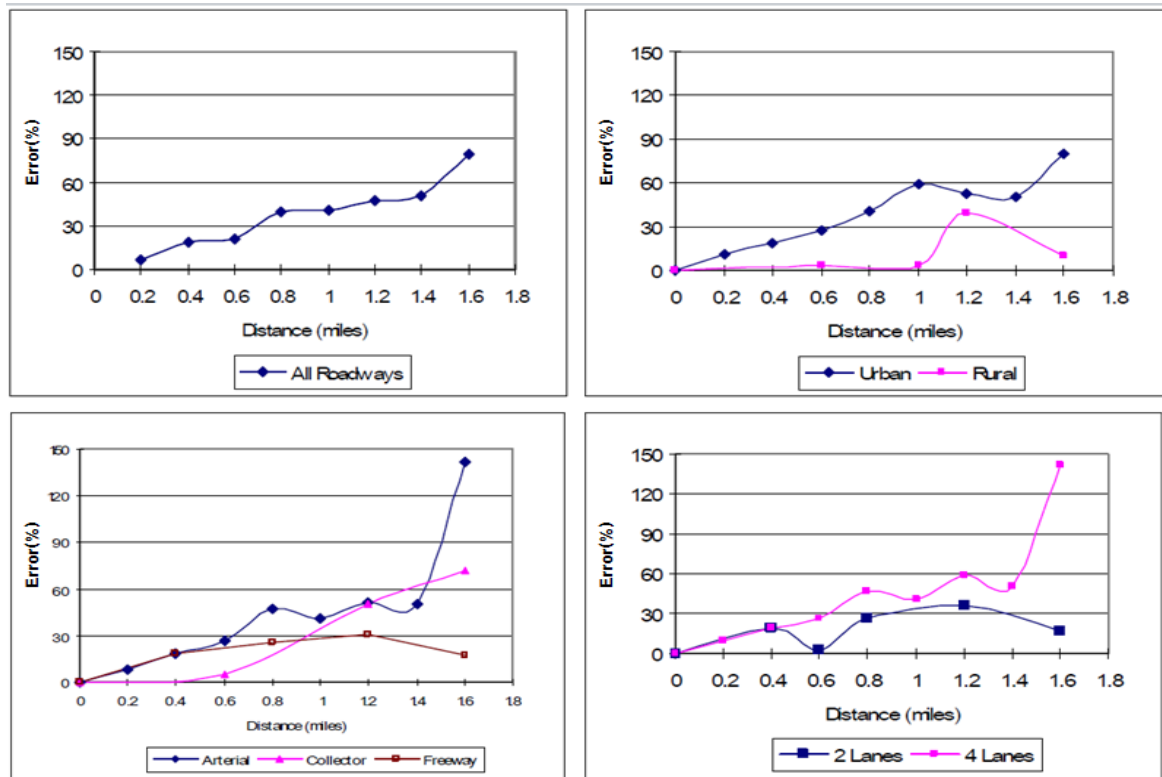
- 본 연구는 AADT 추정의 오차발생 원인을 규명하고 정량화하여 제시함

#### ○ 주요내용

- 본 연구에서 제시한 AADT 추정의 오차발생 원인은 Factor(일변동계수, 월변동계수) 산정 오류, 시·공간적인 오류 등이 있음
- 본 연구는 AADT 추정 오차발생 원인별로 시나리오를 설정하여 AADT 추정 오차율을 분석함. 세부분석내용은 <표 2-2>와 같음

<표 2-2> AADT 추정 오차발생 원인별 분석내용

구분	내용	시나리오 설정
Factor 산정오류	- Factor(일변동계수, 월변동계수) 산정을 위한 그룹구성 오류	- Area Type에 따른 분류 - 도로등급에 따른 분류 - 차로수에 따른 분류
		- 이상적인 상태(개별구간) - 적절한 그룹구성 - 그룹구성 오류발생
시간적 오류	- 일주일, 한달 등의 교통량 자료를 활용하여 AADT를 산정할 경우 발생하는 오류	- 요일별, 월별 교통량자료를 활용하여 AADT 추정후 오차율 비교(회귀분석후 beta 값 비교)
공간적 오류	- 인접구간의 교통량 자료를 활용하여 AADT를 산정할 경우 발생하는 오류(단위구간 선정 문제)	- 대표구간의 Coverage(거리기준)별 오차율 비교
기타 (Multi-day Sampling)	- 24시간, 48시간, 72시간 자료를 활용하여 AADT 추정 후 오차율 비교분석	



자료: Gadda et al, Estimates of AADT: Quantifying the Uncertainty, 2007

<그림 2-2> 대표구간의 Coverage에 따른 오차율 분석결과

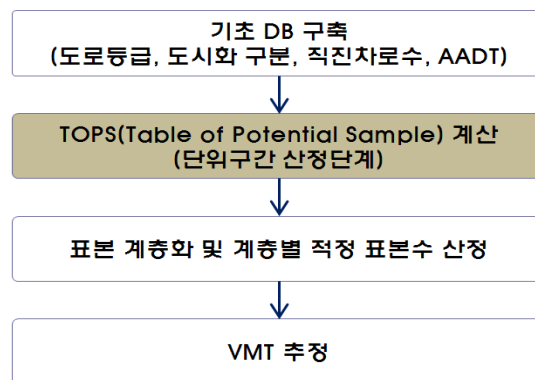
#### ○ 시사점

- 검지기 자료(검지기의 정확도는 100%로 가정)를 활용할 경우, AADT 추정의 오차는 대부분 공간적 오류(단위구간 선정)에 의해서 발생할 것으로 판단됨
  - 적절한 단위구간 선정기준 마련이 필요함
- 본 연구는 애매한 시나리오 설정으로 인하여 AADT 추정의 정확도를 높이기 위한 논리적인 방안을 제시하지 못함

## 2. 단위구간 설정 방법론

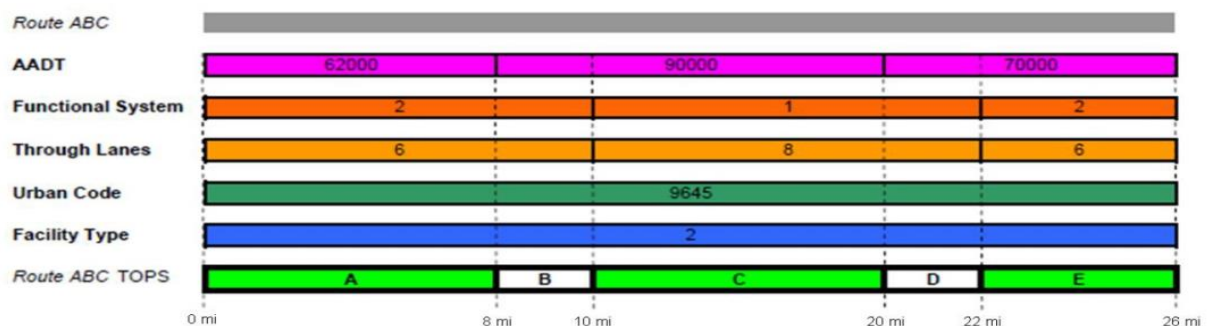
### 가. HPMS Field Manual\_Ch.6 Sampling(FHWA, 2012)

- 목적
  - 본 연구는 HPMS에서 차량주행거리 등을 추정하기 위한 Sampling 과정을 제시함
- 주요내용
  - 본 연구에서 제시한 차량주행거리 추정 프로세스는 <그림 2-3>과 같음
    - 설정된 단위구간의 수는 표본크기를 결정하는 주요 변수로 활용됨



<그림 2-3> Sampling 과정

- 본 연구에서 단위구간(TOPS, 동일한 특성을 갖는 구간)은 AADT, 도로등급, 도시화구분, 직진차로수, Facility Type을 기준으로 설정함. 단위구간 설정예시는 <그림 2-4>와 같음
  - 5가지 기준을 모두 충족하는 구간을 단위구간으로 설정함



자료: FHWA, HPMS Field Manual, 2012

<그림 2-4> 단위구간 설정 예시

○ 시사점

- 교통류 및 도로의 기하구조 특성 등을 고려한 단계적인 단위구간 설정방법론을 제시함. 단, 단위구간 설정결과의 적절성을 검증하지 못함
- 단위구간 설정결과의 적절성 검토를 위한 평가지표 설정(AADT 및 차량주행거리 추정 오차율 등)이 필요함

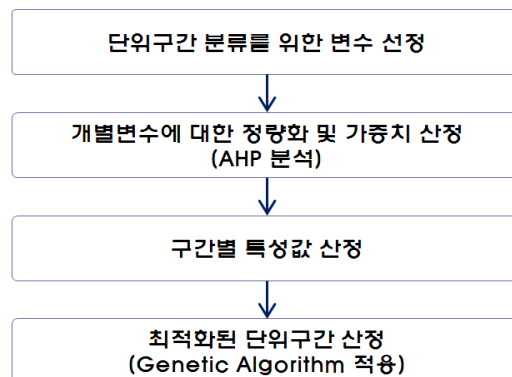
나. 일반국도 교통조사를 위한 동질성 구간 분류기법 연구(임성한, 2005)

○ 목적

- 유전자 알고리즘을 적용하여 일반국도의 교통량 조사를 위한 단위구간을 설정함

○ 주요내용

- 본 연구는 구간별 교통류특성을 나타내는 변수를 활용하여 Genetic Algorithm 적용을 위한 구간별 특성값을 산정함. 본 연구에서 제시한 단위구간 설정과정은 <그림 2-5>와 같음



<그림 2-5> 단위구간 분류과정

- 구간별 특성값 산정을 위한 변수는 AADT, VKT 첨두시간교통량, 도시부 유출입 구간, Volume(pcu), 방향별 교통량, 중차량비, 속도, 밀도, V/C로 선정하였음

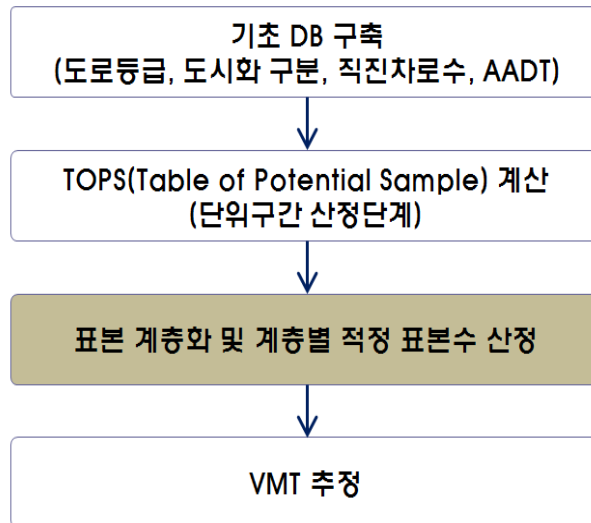
○ 시사점

- 본 연구는 다양한 변수를 고려하여 단위구간을 설정하였지만, 일부변수(예, AADT와 VKT)는 특성이 유사하여 산정된 특성값이 왜곡될 우려가 있음
- 도로구간별 특성을 대표할 수 있는 변수선정 방안을 모색할 필요가 있음
- 또한 본 연구는 단위구간 설정결과의 적절성을 검증하지 못함

### 3. 표본크기 결정 및 표본추출 방법론

#### 가. HPMS Field Manual\_Ch.6 Sampling(FHWA, 2012)

- 목적
  - 본 연구는 HPMS에서 차량주행거리 등을 추정하기 위한 표본추출 과정을 제시함
- 주요내용
  - 본 연구에서 제시한 차량주행거리 추정 프로세스는 <그림 2-6>과 같음



<그림 2-6> HPMS의 Sampling 과정

- 본 연구는 도로기능별로 AADT 범위에 따라 12개의 표본그룹을 설정함

<표 2-3> AADT 범위에 따른 Volume Group

Volume Group	AADT Ranges(대/일)	Volume Group	AADT Ranges(대/일)
1	500 이하	7	35,000-54,999
2	500-1,999	8	55,000-84,999
3	2,000-4,999	9	85,000-124,999
4	5,000-9,999	10	125,000-174,999
5	10,000-19,999	11	175,000-249,999
6	20,000-34,999	12	250,000 이상

- 표본크기 결정식은 다음과 같으며, 다음과 같은 3가지 주요요소에 따라 표본수가 결정됨
  - 표본그룹 내 AADT의 Variation
  - Confidence intervals 및 Precision level
  - 표본그룹 내 가능한 TOPS 개수

$$n = \frac{\left(\frac{Z^2 C^2}{d^2}\right)}{1 + \left(\frac{1}{N}\right)\left(\left(\frac{Z^2 C^2}{d^2}\right) - 1\right)}$$

여기서,  $n$  = 표본크기

$Z$  = 표본정규분포 통계값

$C$  = 해당지역 교통량의 Coefficient of Variation

$d$  = precision level

$N$  = 단위링크 수

#### ○ 시사점

- 표본수는 도로네트워크 특성에 따라 전수조사에 가까운 조사를 수반해야 하는 문제점이 발생함
  - 표본그룹 내 교통량의 변동계수(Coefficient of Variation)이 클 경우
  - 표본그룹 내 선정된 단위구간의 개수가 적을 경우

<표 2-4> 표본그룹별 표본크기 결정결과(예시)

구분	Z	C	d	N	$\left(\frac{Z^2 C^2}{d^2}\right)$	$1 + \left(\frac{1}{N}\right)\left(\left(\frac{Z^2 C^2}{d^2}\right) - 1\right)$	표본수
시나리오1	1.64	0.61	0.1	30	100.08	4.30	23
시나리오2 (단위구간 수 차이)		0.61		300	101.25	1.33	76
시나리오2 (변동계수 차이)		0.39		300	40.82	1.13	36

#### 나. Random Count Site Selection Process for Statistically Valid Estimations of Local Street Vehicle Miles Traveled(Frawley, 2007)

#### ○ 목적

- Local Street의 차량주행거리 추정 정확도를 높이기 위한 교통량 조사지점 선정과정을 제시함

○ 주요내용

- 교통량 조사지점은 임의 표본추출(Random Sampling)방법을 적용하여 선정함. 적정 교통량 조사지점수는 표준오차(Standard Error)를 기준으로 산정함. 본 연구의 교통량 조사지점 선정과정은 다음과 같음
  - 1단계: 격자(Grid)를 Hard Copy Map에 Overlay함
  - 2단계: 각각의 격자에는 순차적으로 고유번호를 부여함
  - 3단계: 상대적인 범위(Relative Range)의 난수를 생성함
  - 4단계: 격자셀이 Local Street를 포함하면, 교통량 조사지점으로 지도에 표시함
  - 5단계: 포함하지 않으면, 새로운 난수를 생성하여 4단계를 재수행함
  - 6단계: 적정 교통량 조사지점수를 만족할 때까지 반복함
- 도시유형별로 구분하여 차량주행거리 추정을 위한 적정 교통량 조사지점수를 제시함

<표 2-5> 도시유형별 교통량 조사지점수 산정 결과

구분	인구수	교통량 조사지점수
Rural Incorporated (Unincorporated)	5,000명 미만	40곳
Small Urban	5,000명 이상 ~49,999명 미만	40곳
Small Urbanized	50,000명 이상 ~199,999명 미만	65곳(최소 50곳)
Large Urbanized	200,000명 이상	175곳(최소 150곳)

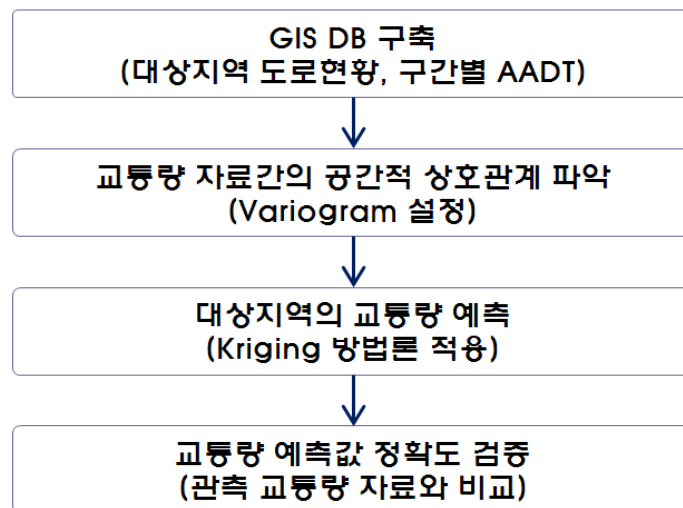
○ 시사점

- 교통량 조사지점은 임의 표본추출(Random Sampling)방법을 적용하여 교통량 조사지점을 선정함
  - 교통량 조사지점을 선정하는 방법으로 임의 표본추출(Random Sampling)방법을 고려해 볼 필요가 있음
- 차량주행거리 추정을 위한 적정 교통량 조사지점수는 표준오차(Standard Error)를 평가지표로 설정하여 제시함
  - 교통량 조사지점수에 따른 차량주행거리 추정치의 오차율을 검증하지 못함

#### 4. 교통량 추정 방법론

##### 가. 공간통계기법을 이용한 도시 교통량 예측의 정확성 향상(김호용, 2010)

- 목적
  - 본 연구는 공간통계기법을 활용하여 교통량 추정의 정확도를 향상시키는 방법론을 제시함
- 주요내용
  - 본 연구는 수집된 교통량 자료간의 공간적 상호관계와 연속성을 파악하기 위하여 Variogram을 설정하였으며, 공간통계기법인 Kriging을 적용하여 교통량을 추정함. 본 연구의 구성은 <그림 2-7>과 같음
  - 또한 본 연구는 교통량 추정의 정확도를 높이기 위하여 2가지 방법을 추가 적용함
    - 교통량 데이터의 특성을 고려한 이방성 Variogram(방향에 따른 영향력 판단) 적용하여 교통량 추정
    - 공동 Kriging(주변수: 같은 위계에 속하는 각각의 고속도로, 2차변수: 전체 고속도로)을 활용하여 교통량 추정



<그림 2-7> 교통량 추정과정

- 본 연구에서 적용한 Variogram은 일정한 거리에 있는 데이터들의 유사성을 나타내는 척도이며, 일정거리 만큼 떨어진 두 데이터간의 차이를 제공한 것의 기댓값을 의미함
  - 동일한 위치에 있는 표본지점 간에 존재하는 분산값 제시(Nugget)
  - 공간적 자기상관성이 나타나지 않는 한계지점 제시(Sill)



- 한계지점까지의 수평거리로, 표본지점들간 공간적 의존성이 나타나는 범위값(Range)
- Kriging은 오차분석을 최소로 하는 가중값을 구하여 주위의 알려진 값들의 선형조합으로 미지의 값을 추정하는 기법임. Kriging 기법을 적용하기 위한 최소 Sample Size는 10개임
- 시사점
  - 단순 Kriging 대비, 이방성 적용 Kriging과 공동 Kriging을 적용한 교통량 추정치의 정확도가 높은 것으로 나타남

#### 나. Spatial Prediction Of AADT In Unmeasured Locations By Universal Kriging(Selby and Kockelman 2011)

- 목적
  - 본 연구는 공간통계기법(범용 Kriging, Semivariogram)을 활용하여 AADT를 추정함
    - 범용 Kriging은 두가지 이상 여러 변수의 조합을 다항함수로 표현하여 알려지지 않은 지점의 값을 추정하는 기법임
- 주요내용
  - 본 연구는 Speed Limit 등의 변수를 설정하여 AADT를 추정하였으며, Variogram 모델 유형별, 적용한 거리산정 기준별로 구분하여 추정된 AADT의 정확도를 검증하였음

<표 2-6> 본 연구의 세부내용

구분	내용	비고
변수설정	<ul style="list-style-type: none"> <li>- AADT(Veh/day)</li> <li>- Speed Limit(mph)</li> <li>- Lanes(number)</li> <li>- Person/Acre</li> <li>- Jobs/Sq Mile</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전체 자료수집 지점수 = 10,978</li> </ul>
Variogram 모델 유형	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gaussian</li> <li>- Spherical</li> <li>- Exponential</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 거리와 관측자료의 분산간의 관계를 설명하는 통계적 분포에 따른 구분</li> </ul>
Semivariogram 파라미터 추정방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Weighted Least-Squares (WLS)</li> </ul>	-
거리산정 기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Euclidean distance</li> <li>- Network distance</li> </ul>	-

- 본 연구에서 제시한 방법론을 적용하여 추정한 AADT의 검증결과는 <표 2-7>과 같음
- Kriging 기법을 적용한 결과가 기존 방법론(FGLS) 방법론보다 상대적으로 정확도가 높은 것으로 나타남

<표 2-7> AADT 추정치 검증결과

		Austin Region	Houston Region	Houston Region, NO IS	Minor Roads	Interstates	Urban Roads
N e t w o r k	MSE	2.62E+08	3.97E+08	2.66E+08	5.97E+07	2.84E+08	3.68E+08
	Avg abs err	53.9%	62.5%	63.7%	60.4%	19.4%	62.4%
	Median err	-2.8%	5.6%	5.2%	1.5%	-4.6%	-3.1%
	Best Model	Spherical	Exponential	Exponential	Exponential	Exponential	Spherical
E u c l i d e a n	MSE	2.72E+08	4.12E+08	2.71E+08	6.6E+07	3.24E+08	4.11E+08
	Avg abs err	54.4%	62.6%	63.6%	59.0%	20.3%	62.2%
	Median err	-3.6%	5.1%	4.5%	1.3%	-2.7%	-2.8%
	Best Model	Spherical	Exponential	Exponential	Exponential	Exponential	Exponential
F G L S	MSE	4.20E+08	7.98E+08	6.79E+08	1.48E+08	1.14E+09	5.37E+08
	Avg abs err	115.3%	103.0%	103.6%	114.0%	38.4%	80.6%
	Median err	-8.6%	9.1%	8.5%	6.8%	-10.9%	-3.4%

○ 시사점

- 도로유형에 따라 오차율의 절대적인 크기는 차이가 있으나 대부분의 도로에서 오차율은 상당히 높은 것으로 나타남
- AADT 추정치의 정확도를 높일 수 있는 방안을 모색할 필요가 있음
- Kriging 분석에 적용한 거리산정 기준(euclidean distance, network distance)간의 AADT 추정 오차율 차이는 거의 없는 것으로 나타남
- Euclidean distance 자료 구축이 상대적으로 간소함

#### 다. Forecasting Network Data: Spatial Interpolation of Traffic Counts Using Texas Data(Wang and Kockelman, 2009)

##### ○ 목적

- 본 연구는 공간통계기법(단순 Kriging, Semi-variogram)을 적용하여 AADT를 추정함

##### ○ 주요내용

- 본 연구는 기초자료 수집의 한계로 Texas 지역의 교통량 자료를 단일변수로 설정하여 AADT를 추정함. AADT 추정의 오차율은 높은 것으로 나타남

##### ○ 시사점

- 단순 Kriging(단일변수 적용: AADT 자료)을 활용하여 AADT를 추정할 경우, 오차율이 높은 것으로 나타남
- 공동 Kriging 또는 범용 Kriging 적용을 위한 기초자료 구축(사회경제지표, 도로의 기하구조 특성 등)이 필요함

#### 라. Improving the Prediction of Annual Average Daily Traffic for Non-freeway Facilities by Applying a Spatial Statistical Method (Eom et al, 2006)

##### ○ 목적

- 본 연구는 Non-freeway를 대상으로 공간통계기법(범용 Kriging, Semivariogram)을 적용하여 AADT를 추정함

##### ○ 주요내용

- 본 연구는 도로특성 및 사회경제지표를 변수로 설정하였으며, Semivariogram의 파라미터(Nugget, Sill, Range)를 추정하는 방법별로 구분하여 AADT 추정치의 정확도를 비교 분석함

&lt;표 2-8&gt; 본 연구의 세부내용

구분	내용	비고
변수설정	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lanes (number)</li> <li>- Speed Limit (mph)</li> <li>- Median income</li> <li>- Highway function</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 교통량 조사지점수는 200곳 (전체 대상구간: 약 1,000곳)</li> </ul>
Semivariogram 파라미터 추정방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Restricted Maximum Likelihood (REML)</li> <li>- Weighted Least-Squares (WLS)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variogram 모델 유형 (Gaussian 등)은 각 추정방법 중 적합도가 높은 것으로 선정함</li> </ul>

- 본 연구에서 제시한 방법론을 적용하여 추정한 AADT의 검증결과는 <표 2-9>와 같음

&lt;표 2-9&gt; AADT 추정치 검증결과

Method	Sampled Sites		Nonsampled Sites	
	Press	Coverage	MSPE	Coverage
OLS	2.8528	93.0%	3.1818	92.8%
WLS	2.6618	99.0%	2.9089	89.5%
REML	2.4472	94.0%	2.8632	92.1%

&lt;표 2-10&gt; 선행연구 검토결과(종합)

구분		논문명	연구목적 및 방법	설정변수	검증
단위구간 설정		한국교통 연구원 (2012)	-차량주행거리 민감도 분석 목적 -단위구간 설정기준(독립변수)과 구간별 교통량(종속변수) 간의 상관관계 분석을 통해 최종 단위구간 설정기준 적용	-도로변 토지이용특성 -도로등급 -차로수 -주간선도로접촉여부 -제한속도 (km/h) -AADT(대/일) -속도 (km/h)	
		FHWA (2012)	-차량주행거리 및 AADT 추정 목적 -단계적인 과정에 의한 단위구간 크기결정	-도로등급 (평균 교차로간격 기준)	미검증
		임성한 (2012)	-교통량 조사지점 선정을 위한 단위구간 크기결정 -Genetic Algorithm 적용 -AHP 분석을 통한 구간별 특성값 산정	-차로수(왕복기준)	미검증
표본 추출	표본크기 결정	FHWA (2012)	-차량주행거리 및 AADT 추정 목적 -단위구간크기결정 및 표본계층화를 통한 적정 표본크기 결정	-주간선도로 접촉여부	미검증
	표본추출 방법	한국교통 연구원 (2012)	-차량주행거리 민감도 분석 목적 -단순무작위 추출방법과 층화표본 추출방법(행정구역별, 도로등급별)으로 구분	-	-관측자료 및 교통수요모형으로 산정한 차량주행거리와 오차율 비교
			Frawley (2007)	-지역도로의 차량주행거리 추정을 위한 교통량 조사지점 선정과정 제시 -임의표본추출방법에 의한 교통량 조사지점 선정 -표준오차를 기준으로 적정 교통량 조사지점수 산정	-제한속도 (km/h)
교통량 추정방법 (공간통계기법 적용)		한국교통 연구원 (2012)	-공간통계기법을 적용하여 차량주행거리 추정 · Co-Kriging 적용	-AADT(대/일)	-관측자료 및 교통수요모형으로 산정한 차량주행거리와 오차율 비교
		Selby and Kockelman (2011)	-공간통계기법을 적용하여 AADT 추정 ·범용 Kriging, Variogram 적용	-속도 (km/h)	-관측지점의 교통량 비교 ·Variogram 모델 유형별 ·거리산정 기준별
		김호용 (2010)	-공간통계기법을 적용하여 AADT 추정 ·단순 Kriging, Variogram 적용 ·공동 Kriging, Variogram 적용	-AADT(대/일)	-관측지점의 교통량 비교 ·Kriging 기법별 ·Variogram 이방성 적용여부
		Wang and Kockelman (2009)	-공간통계기법을 적용하여 AADT 추정 ·단순 Kriging, Variogram	-AADT(대/일)	-관측지점의 교통량 비교
		Eom et al (2006)	-공간통계기법을 적용하여 AADT 추정 ·범용 Kriging, Variogram	-AADT(대/일) -Lanes -Median income -Highway function	-관측지점의 교통량 비교 ·Variogram 파라미터 추정방법별

### 제3절 시사점

- 차량주행거리 산정방법론 관련 기존연구 검토를 통하여 차량주행거리 추정 시 오차발생 원인을 규명하였으며, 오차발생 원인이 차량주행거리 추정에 미치는 영향정도를 파악하기 위한 방법론을 검토하였음
- 기존 연구에 대한 고찰을 통해 도출된 시사점은 다음과 같음

#### 가. 차량주행거리 추정 오차발생 원인

- 차량주행거리 추정의 오차발생 원인은 단위구간 크기결정 오류, 표본추출 오류(표본크기 결정오류, 표본추출방법 오류), 차량 검지기의 교통량 계측오류, 교통량 추정방법(공간통계기법)의 오류로 구분할 수 있음
- 차량주행거리 추정의 오차발생 원인 중 차량검지기의 교통량 계측오류를 파악하기 위해서는 차량검지기가 설치된 전체 구간에 대한 교통량 조사가 수반되어야 함
- 본 연구에서 차량검지기의 교통량 계측오류는 없는 것으로 가정하며, 차량주행거리 추정의 오차는 단위구간 크기결정, 표본추출 및 교통량 추정방법(공간통계기법)의 오류로 인해 발생하는 것으로 가정함

#### 나. 단위구간 설정 방법론

- 선행연구에서는 도로의 기하구조 특성 및 교통류 특성을 변수로 설정하여 단계적인 과정을 통해 단위구간을 설정함. 단, 선행연구에서는 변수선정 및 단위구간 설정결과의 적절성을 검증하지 못한 한계가 있음
- 본 연구는 2013년 부천시 차량주행거리 산정 시 단위구간의 구분기준을 신호교차로 기준으로 설정함

#### 다. 교통량 추정 방법론

- 교통량 추정방법은 회귀모형을 적용한 교통량 추정방법과 공간통계기법(Kriging 기법)을 적용한 교통량 추정방법으로 구분할 수 있음
- 추정결과는 연구의 공간적 범위 및 세부방법론에 따라 다소 차이가 있지만, 공간통계기법

(Kriging 기법)을 적용한 교통량 추정방법의 정확도가 높은 것으로 나타남

- 본 연구는 교통량 추정 정확도가 상대적으로 높은 공간통계기법인 Kriging 기법을 활용하여 교통량을 추정함
  - 다양한 Kriging 기법 중에서 활용 가능한 자료 및 자료의 공간적 분포 등을 고려하여 본 연구에 부합하는 Kriging 기법을 적용함





## 제3장 차량주행거리 산정방법론 정립

---

제1절 개요

제2절 지역간 차량주행거리 산정방법

제3절 도시부 차량주행거리 산정방법

제4절 검증 및 민감도 분석방법



## 제3장 차량주행거리 산정방법론 정립

### 제1절 개요

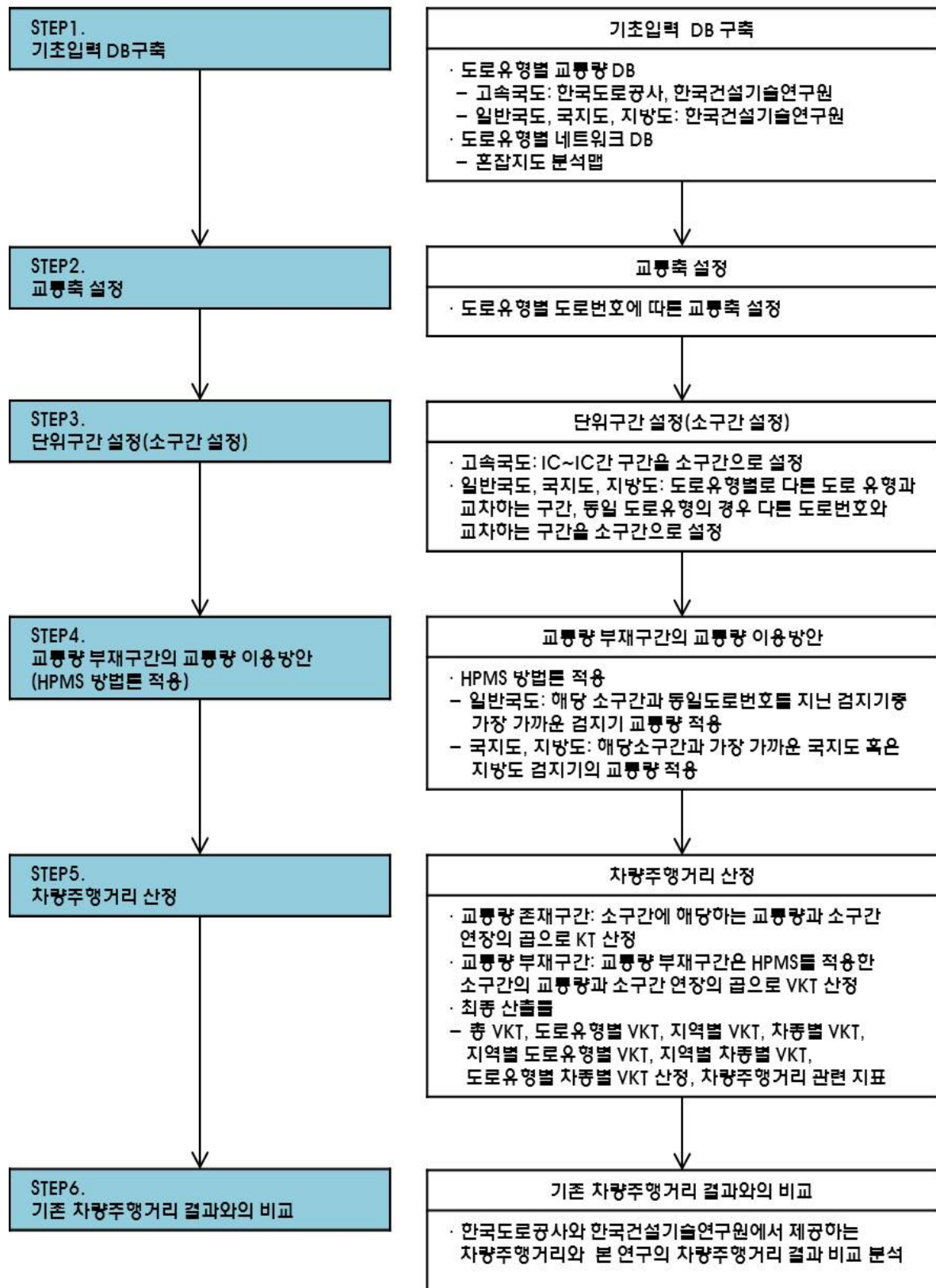
- 차량주행거리(Vehicle Kilometers Traveled, VKT)는 도로를 이용하는 모든 차량들이 이동한 거리의 합으로 교통망에 대한 성능을 평가하고 자동차 배기가스 배출량 산정, 대기질 분석, 에너지 소비량 계산 등에 광범위하게 사용될 수 있는 지표임
- 차량주행거리를 산정하는 방법은 교통량 자료(Traffic counts)를 활용하는 방법과 비교통량 자료(non-traffic counts, 예: 유류소비량, 가구크기, 가구수입, 운전면허 소지자 수 등)를 활용하는 방법으로 구분됨. 기존 연구를 검토한 결과, 일반적으로 교통량 자료를 활용하는 방법에 의한 차량주행거리 산정이 더 정확하다고 알려져 있음 (Kumapley and Fricker, 1996)
  - 교통량 자료를 활용하는 방법은 모든 도로구간에 대한 교통량 자료 확보가 가능할 경우, 현실적인 차량주행거리를 추정할 수 있음
  - 다만, 현실적으로 모든 도로 구간에 대한 교통량 자료 확보가 불가능하기 때문에 차량주행거리 추정의 오차가 발생함
- 본 연구는 교통량 자료(Traffic counts)를 활용하여 차량주행거리를 산정하는 방법을 적용함
  - 지역간 도로의 차량주행거리는 고속국도, 일반국도, 국지도, 지방도를 대상으로 한국건설기술연구원에서 제공하는 교통량자료와 교통량 부재구간에 대해서는 HPMS 방법론을 적용하여 전국을 대상으로 차량주행거리를 산출함
  - 6대광역시의 차량주행거리는 도심부도로를 대상으로 지자체의 ITS검지기자료와 현장조사자료를 기반으로 교통량 부재구간에 대해서는 회귀크리깅 방법론을 적용하여 차량주행거리를 산출함
- 지역간 도로의 경우 차량주행거리 결과를 바탕으로 다양한 통계자료를 활용한 지표를 개발함
- 또한 본 연구는 교통량 자료를 활용하여 차량주행거리를 산정하고 불충분한 교통량 자료를 활용하여 차량주행거리를 추정할 경우에 발생할 수 있는 오차발생 원인에 따른 민감도분석을 수행함

- 차량주행거리 추정의 오차발생 원인은 단위구간 설정표본추출오류(표본크기결정 오류, 표본추출방법 오류), 차량검지기의 교통량 계측오류, 교통량 추정방법의 오류로 구분할 수 있음
- 다만, 차량검지기 교통량 계측오류를 검증하기 위해서는 차량검지기가 설치된 전 구간에 대한 교통량 조사가 수반되어야 함. 본 연구에서는 차량검지기 교통량 계측오류가 없는 것으로 가정하며 별도의 민감도분석을 수행하지 않음

## 제2절 지역간 차량주행거리 산정방법

### 1. 지역간 도로의 차량주행거리 산정절차

- 본 연구에서 차량주행거리를 산정하는 지역간 도로의 범위는 고속국도, 일반국도, 지방도 및 국지도(국가지원지방도)이며, 해당 도로유형별로 교통량 DB와 분석네트워크 DB를 활용함. 또한 교통량 부재구간에 대해서는 HPMS 방법론을 적용하여 차량주행거리를 산정 할 수 있음
- 최종적으로 지역간 도로의 총 차량주행거리와 도로유형별, 지역별, 차종별 차량주행거리, 지역별 도로유형별, 지역별 차종별, 도로유형별 차량주행거리를 산출하고, 이를 활용한 지표개발에 대한 분석을 수행함
- 지역간 도로의 차량주행거리 산정방법은 아래와 같음
  - STEP1: 기초입력 DB를 구축하는 단계로 도로유형별 교통량 DB와 네트워크 DB를 구축함
  - STEP2: 도로유형별 도로번호에 따른 교통축을 설정함
  - STEP3: 단위구간의 설정단계로 지역간 도로의 경우 소구간이라는 명칭을 사용함. 고속국도의 경우 IC~IC간 구간을 소구간으로 설정하였으며, 일반국도, 국지도, 지방도의 경우 동일 도로유형별로 다른 도로번호의 도로의 교차하는 경우, 다른 도로유형과 교차하는 경우에 대하여 소구간으로 설정함
  - STEP4: 교통량 부재구간의 교통량 이용방안은 HPMS 방법론을 적용함. 일반국도의 경우 동일한 도로번호에 존재하는 가장 가까운 일반국도 교통량 검지기의 값을 입력하고, 국지도, 지방도의 경우 가장 가까운 국지도 교통량 검지기 혹은 지방도 교통량 검지기의 값을 입력
  - STEP5: 차량주행거리는 총 차량주행거리, 도로유형별 차량주행거리, 지역별 차량주행거리, 차종별 차량주행거리, 지역별 도로유형별 차량주행거리, 지역별 차종별 차량주행거리, 도로유형별 차종별 차량주행거리를 산출함. 또한 각종 사회경제지표를 활용하여 차량주행거리 관련지표를 개발함
  - STEP6: 한국도로공사와 한국건설기술연구원에서 제공하는 차량주행거리 정보와 본 연구 결과와의 비교를 수행함



<그림 3-1> 지역간 도로의 차량주행거리 산정절차

## 가. 기초입력 DB 구축

- 지역간 도로의 차량주행거리 산정을 위한 대상도로는 도시부 도로를 제외한 고속국도, 일반국도, 지방도, 국지도(국가지원지방도)임

### 1) 교통량 DB현황

- 지역간 도로의 차량주행거리를 위해 활용한 도로유형별 교통량 DB 현황은 다음과 같음
  - 고속국도는 한국도로공사의 교통량자료와 한국건설기술연구원에서 제공하는 수시조사지점(한국도로공사 비운영 민자노선)에 대한 자료를 활용함
  - 일반국도는 한국건설기술연구원의 상시조사지점 교통량, 수시조사지점 교통량을 이용함
  - 지방도와 국지도의 경우 한국건설기술연구원에서 제공하는 수시조사지점 교통량 DB를 이용함

<표 3-1> 지역간 도로의 차량주행거리 산정을 위한 도로유형별 교통량 DB현황

도로유형	이용DB
고속국도	- 한국도로공사 교통량 - 한국건설기술연구원 수시조사지점 (도로공사 비운영민자노선)
일반국도	- 한국건설기술연구원 상시조사지점, 수시조사지점
지방도 / 국지도	- 한국건설기술연구원 수시조사지점

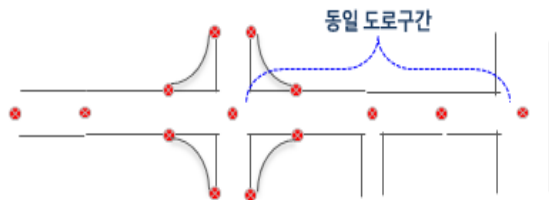
### 2) 네트워크 DB

- 본 연구에서는 ITS표준노드링크의 문제점을 보완한 혼잡지도 분석맵<sup>1)</sup>을 사용함. ITS 표준노드링크는 교차로, 속성변환지점, 행정경계 등으로 링크가 상세하게 분할되어 있어 소구간 설정이 어렵다는 분석의 한계가 존재함. 따라서 상세히 분할된 ITS표준노드링크를 동일구간을 기준으로 병합 및 관리할 수 있도록 KTDB센터에서 구축한 혼잡지도 분석맵을 사용함

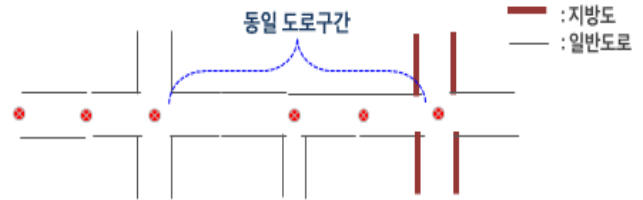
1) 2014년 국가교통조사 및 DB구축사업 중 국가교통대용량교통정보시스템 구축 및 분석과제의 네트워크 자료  
(주: 혼잡지도 시스템 고도화 및 데이터가공 발표자료)

- 혼잡지도 분석맵은 다음과 같은 기준을 적용하여 구축함
  - 혼잡지도 분석맵은 ITS표준노드링크의 도로등급, 도로유형, 연결로 코드 등을 동일하게 적용하여 구축함
  - 고속도로, 도시고속국도, 국가지원지방도, 지방도는 연결성이 없는 일부 도로를 제외하고는 모두 혼잡지도 분석맵으로 구축하였으며, 특별·광역시도와 시·군도로는 주요도로의 흐름 및 연결성 등을 고려하여 혼잡지도 분석맵을 구축함
  - 혼잡지도 분석맵의 링크 병합기준은 주요교차로와 주요교차로 사이, 또는 주요교차로와 서로 다른 도로등급의 교차로 사이의 링크를 병합함

▶ 주요교차로에서 다음 주요교차로까지의 구간



▶ 주요교차로에서 다음 지방도(또는 상위등급)까지의 구간



&lt;그림 3-2&gt; 혼잡지도 분석맵의 도로구간 분리 기준 예시

- 혼잡지도 분석맵 현황

&lt;표 3-2&gt; 혼잡지도 분석맵 링크현황

도로유형	표준노드링크 링크수	혼잡지도 분석맵 링크수	
고속국도	6,296	5,569	
일반국도	44,665	12,679	
국지도	9,963	2,790	
지방도	31,231	6,364	

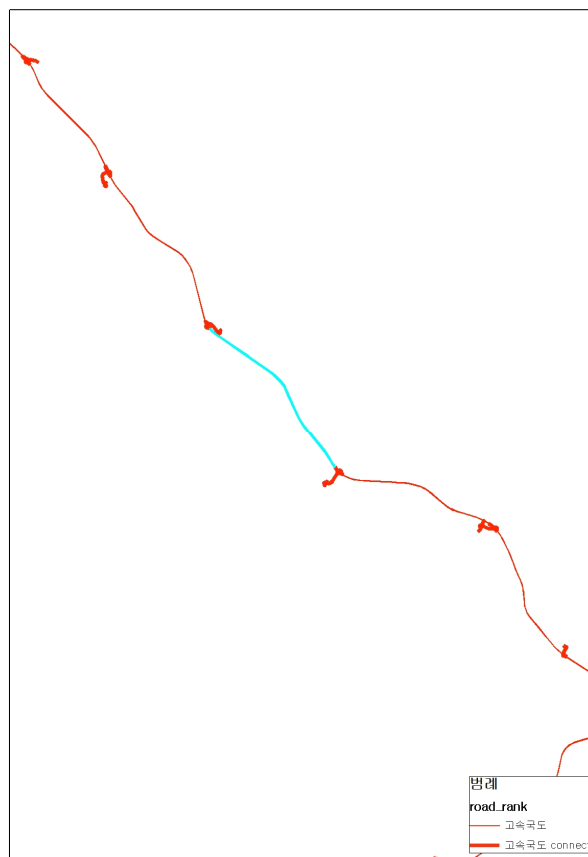


## 나. 교통축 설정

- 지역간 도로의 교통축 설정은 전국의 지역간 도로 중 차량주행거리를 산정하고자 하는 도로를 선정하는 과정으로 고속국도, 일반국도, 국지도, 지방도를 대상으로 동일 도로번호를 지닌 도로를 동일 교통축으로 설정함

## 다. 단위구간 설정(소구간 설정)

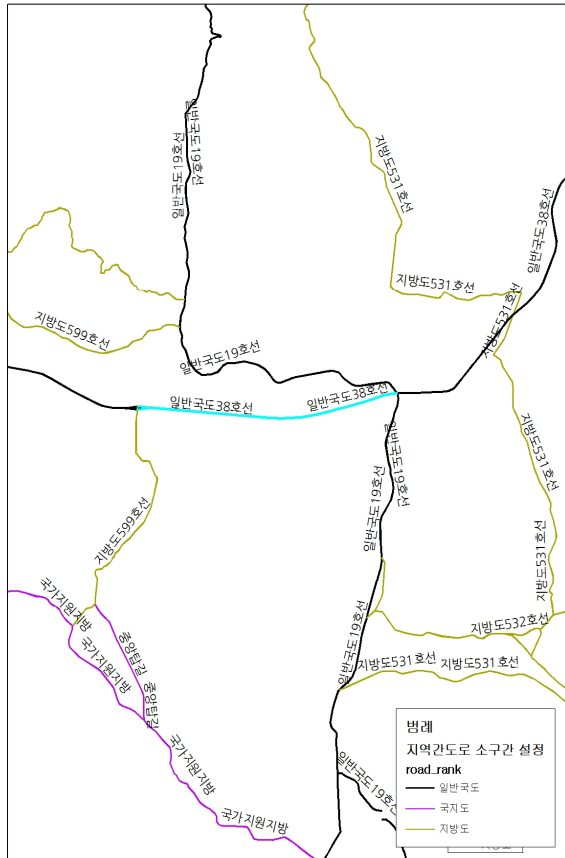
- 단위구간(소구간<sup>2)</sup>)설정기준
  - 본 연구의 지역간도로 단위구간은 소구간이라 명명함
  - 소구간 설정은 각 도로유형별로 구분하여 수행함
  - 고속국도는 IC~IC(JCT포함)간 구간을 소구간으로 설정함



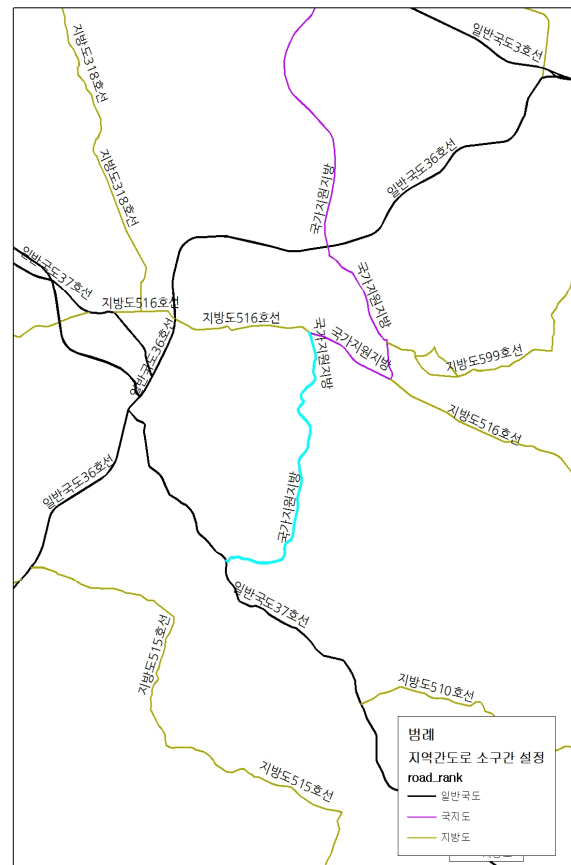
<그림 3-3> 고속국도 소구간 설정 적용 예시

2) 소구간은 시도 이상의 교차점과 교차점 사이(다만, 교통량이 많은 군도와 고속국도 진·출입로를 포함한다.)를 기준으로 선정할 수 있음(도로교통량 조사 지침, 국토해양부)

- 일반국도, 국지도, 지방도는 동일한 도로유형일 경우 다른 도로번호를 지닌 도로와 교차하는 구간을 소구간으로 설정하였으며, 각 도로유형별로 다른 도로유형과 교차하는 경우에 대하여 소구간으로 설정함



<그림 3-4> 동일 도로유형의 다른 도로번호와 교차하는 소구간



<그림 3-5> 다른 도로유형과 교차하는 소구간

#### 라. 교통량 부재구간에 대한 처리(HPMS 방법론 적용)

- 한국건설기술연구원의 교통량 검지기가 없는 일반국도의 교통량 부재구간은 동일한 도로번호의 검지기 중 가장 가까운 검지기의 교통량 값을 적용함
- 국지도, 지방도의 경우 혼잡지도 분석맵 상에서 도로유형별 경계가 확연하게 구분되지 않고 혼재되어 있는 것으로 확인됨. 따라서 국지도와 지방도의 교통량 부재구간은 국지도, 지방도 검지기에 대한 구분 없이 거리상 가장 가까운 검지기의 교통량을 적용함

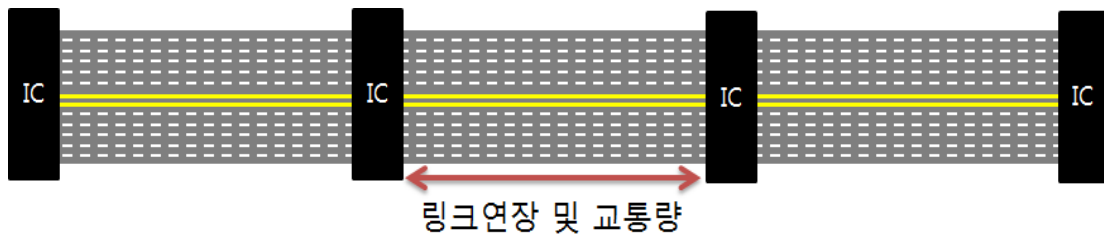
## 마. 차량주행거리 산정

### 1) 차량주행거리 산정

#### ① 고속국도

##### ○ 산정방안

- 고속국도의 차량주행거리는 소구간인 IC-IC(JCT)사이의 교통량과 해당 소구간 연장의 곱으로 산정함
- 교통량 부재구간: 고속국도의 교통량 부재구간은 동일한 도로번호이면서 가장 가까운 검지기 교통량을 적용함



<그림 3-6> 고속국도의 지역간 차량주행거리 산정방안

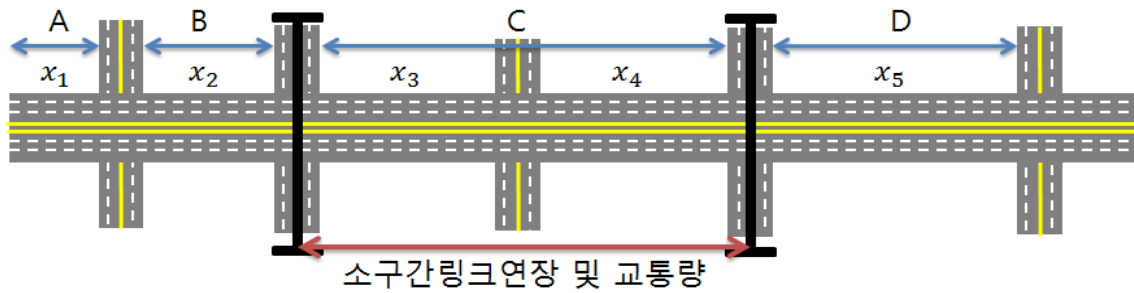
#### ② 일반국도, 국지도, 지방도

##### ○ 산정방안

- 일반국도와 국지도, 지방도의 차량주행거리는 일반국도 소구간의 교통량과 해당 소구간 연장의 곱으로 산정함
- 교통량 부재구간
  - 일반국도: 일반국도의 교통량 부재구간은 동일한 도로번호이면서 가장 가까운 검지기 교통량을 적용함
  - 국지도, 지방도: 국지도 혹은 지방도 교통량 검지기 중 가장 가까운 검지기의 교통량을 이용함

$$VKT = x_1 \times A + x_2 \times B + (x_3 + x_4) \times C + x_5 \times D$$

여기서,  $x_n$ : 구간교통량  
A,B,C,D: 링크연장



<그림 3-7> 일반국도의 지역간 차량주행거리 산정방안

## 2) 차량주행거리 산정 최종산출물

### ① 지역간 총 VKT

- 전국단위의 지역간 총 VKT

### ② 도로유형별 VKT

- 고속국도, 일반국도, 국지도, 지방도에 대한 VKT

### ③ 지역별 VKT

- 각 지역별 17개 시도에 대한 VKT

### ④ 차종별 VKT

- 승용차, 버스, 화물 3종에 대한 VKT
- 승용차, 버스, 화물(소형, 중형, 대형) 5종에 대한 VKT

### ⑤ 지역별 도로유형별 VKT

### ⑥ 지역별 차종별 VKT

### ⑦ 도로유형별 차종별 VKT

## 3) 차량주행거리 관련 지표

- 본 연구에서는 차량주행거리 산정결과를 바탕으로 다양한 지역별 통계자료를 활용하여 VKT를 활용한 통계적 지표를 제공함
  - 여객 VKT: 차종별 재차인원을 활용함

- VKT/인구 1인당, VKT/경제인구 1인당
- VKT/연료소모량
- VKT/차량등록대수
- VKT/lane·km
- VKT/시가화면적, VKT/시가화율, VKT/주거면적, VKT/상업면적 등

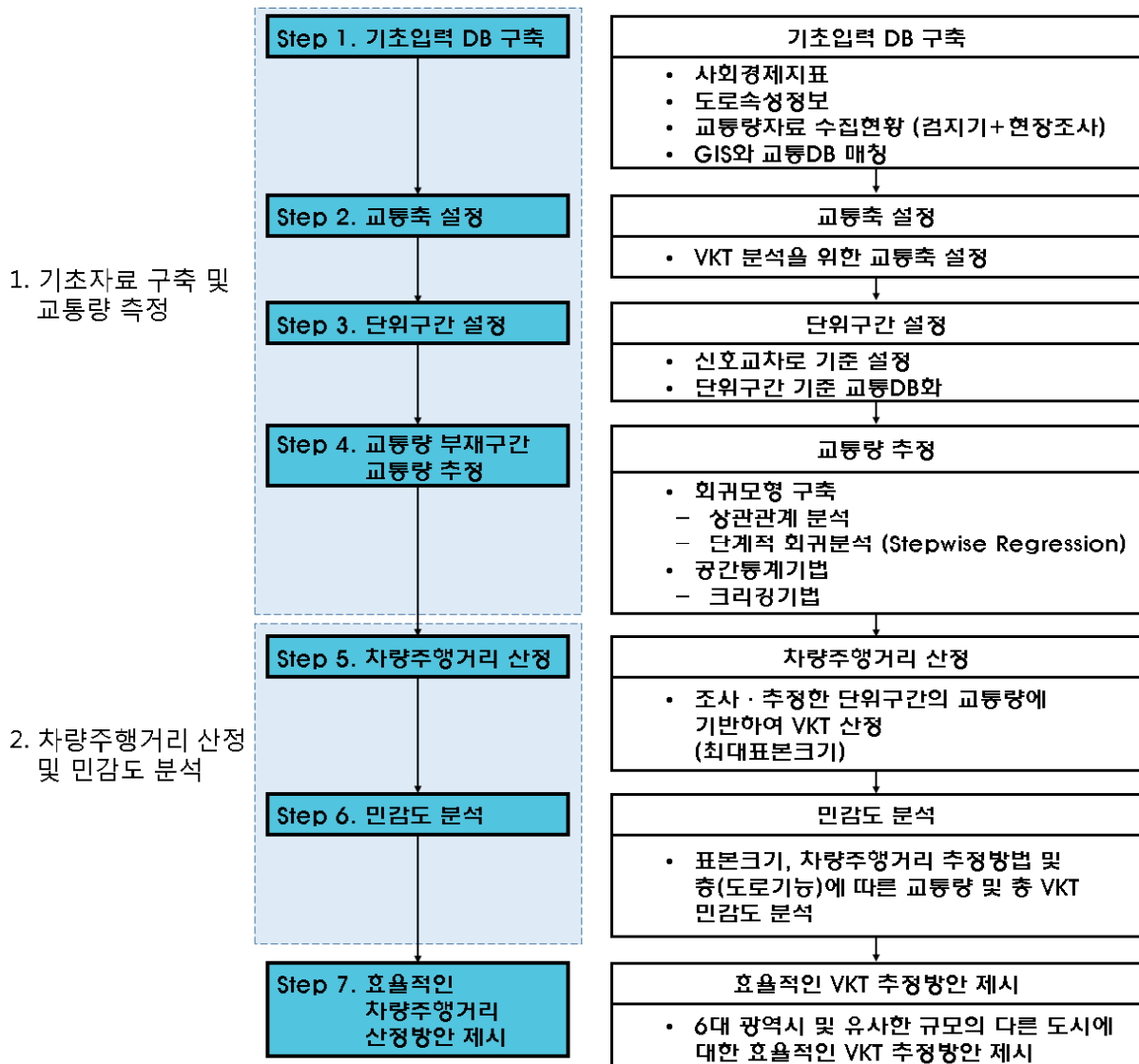
#### 바. 기존차량주행거리 결과와의 비교

- 본 연구에서는 한국도로공사에서 제공하는 고속국도의 주행거리결과와의 비교와, 한국건설기술연구원에서 제공하는 주행거리 결과와의 비교를 수행함
  - 한국도로공사에서는 매년 고속도로교통량 통계를 발간하며, 고속도로의 차량주행거리를 제공함
  - 한국건설기술연구원에서는 매년 발간하는 도로교통량 통계연보를 통해 고속국도, 일반국도, 국지도, 지방도의 차량주행거리를 제공함
  - 본 연구에서는 한국도로공사와 한국건설기술연구원에서 제공하는 교통량을 바탕으로 분석을 수행하는 바, 기존 연구결과와의 비교를 수행하여 연구의 타당성을 검토하고 검증을 시행함

### 제3절 도시부 차량주행거리 산정방법

#### 1. 기초입력 DB 구축

- 대상도시의 차량주행거리 산정을 위해서는 도로연장, 도로위치(X좌표, Y좌표), 차로수와 같은 도로현황 자료와 교통량 자료 수집이 필수적임
- 교통량 자료와 도로속성(현황)자료는 통합된 자료로 재구축하는 과정이 필요함
- 차량주행거리 산정을 위한 기초입력 DB의 종류와 각 자료의 구축방법은 다음과 같음



<그림 3-8> 차량주행거리 산정방법 및 절차

## 가. 도로현황 자료

- 대상도시의 차량주행거리 산정시 도로현황 자료는 차량주행거리를 산정함에 있어 교통량과 곱해지는 링크의 연장 자료를 구축하기 위해 필요함
- 또한 도로현황 자료는 교통량 자료 외 다양한 자료들을 매칭하여 통합하기 위한 매개 자료로 활용되며, 이후 교통량 추정을 위한 기초 자료로도 활용됨
  - 차량주행거리 산정 대상도시의 교통량 자료는 링크별로 제공되며, 각 도시별 링크의 코드화된 ID체계를 기반으로 링크 교통량 자료가 제공됨
  - 도로현황 자료는 GIS 기반의 자료로서 링크ID체계를 기반으로 도로(링크)의 속성자료(위치, 연장, 차로수, 제한속도 등)를 포함하고 있음
  - 코드화된 링크ID는 GIS 자료 형태로 제공되는 도로현황 자료와 매칭되어, 링크 및 링크교통량을 공간상에서 표현할 수 있는 매개 자료로 활용 가능함
- 도로현황 자료는 국가교통DB센터(KTDB)가 제공하는 교통주제도와 국토교통부에서 제공하는 ITS표준노드링크체계를 활용함
- KTDB에서는 국가기본수치지도에 도로폭, 차선수, 도로연장, 제한속도 등 도로정보를 담은 국가표준 교통주제도를 제공하고 있음
- 교통주제도는 지리정보시스템(GIS)을 기반으로 전국 및 광역권별 대상으로 도로, 철도 등 교통시설의 속성정보를 포함하고 있으며 매년 갱신·보완하여 배포하고 있음

<표 3-3> 교통주제도 제공 자료 목록

구분		설명	비고
교통망	도로망	교차로 명칭	-
		노드유형	도로교차점, 도로시종점, 속성변화점, 도로종료점, 행정경계교차점, U-Turn지점, IC 및 IC 지점, 더미노드, 도로시설물
		회전제한	유, 무
		도로등급	고속도로, 도시고속화도로, 일반국도, 특별/광역시도, 국가지원지방도, 지방도, 시군도, 고속국도 연결램프
		차로수	-
		제한속도	-
		도로번호	-
		자동차전용도로 유무	유, 무
		버스전용차로 유무	유, 무
		일방 통행유무	유, 무
		중용정보	-
	교통 존	교통분석존	대존, 중존, 소존
		존 센트로이드	-
행정경계	행정구역	시도, 시군구, 읍면동	미분류, 국가 경계, 광역시/도 경계, 시/군/구 경계, 읍/면/동 경계, 기타

자료: KTDB(2012), 2012년도 교통주제도 설명자료

- 국토교통부에서는 링크 및 노드의 공간적 위치(위도, 경도), 차로 수, 도로등급, 도로유형, 도로명, 최고제한속도 등 도로정보를 담은 국가표준 ITS표준노드링크를 제공하고 있음
- 국토교통부의 ITS표준노드링크는 ITS 검지기 자료의 기본이 되는 전국단위 표준노드링크를 통하여 ITS 검지기과 상호연계 운용 효율성을 확보하고 자료 입력을 원활히 하는 것을 목적으로 함
- ITS표준노드링크는 지리정보시스템(GIS)을 기반으로 전국 및 광역권별 대상으로 도로, 철도 등 교통시설의 속성정보를 포함하고 있으며 각 지자체 및 단체에서 수시로 갱신·보완하여 배포하고 있음

<표 3-4> ITS 표준노드링크 제공 자료 목록

No.	속성Data	내용	Format		No.	속성Data	내용	Format	
			유형	Digit				유형	Digit
1	LINK_ID	링크식별자	숫자	10	16	REMARK	비고	문자열	30
2	F_NODE	시작노드식별자	숫자	10	17	WORKSTATE	행정구역		
3	T_NODE	종료노드식별자	숫자	10	18	TMPID			
4	ROAD_USE	도로사용여부	문자	1	19	IDCHECK			
5	LANES	차로수	숫자	1	20	SOSFNODEID			
6	ROAD_RANK	도로등급	문자	3	21	SOSTNODEID			
7	ROAD_TYPE	도로유형	문자	3	22	SOSBUILDID			
8	ROAD_NO	도로번호	문자열	5	23	ORDERID			
9	ROAD_NAME	도로명	문자열	30	24	USERID		문자열	
10	MULTI_LINK	중용구간여부	문자	1	25	STNL_REG		숫자	3
11	CONNECT	연결로코드	문자	3	26	DEPT_REG			
12	MAX_SPEED	최고제한속도	숫자	4	27	ID신규부여			
13	REST_VEH	통과제한차량	문자	3	28	len			
14	REST_W	통과제한하중	숫자	4	29	len_1			
15	REST_H	통과제한높이	숫자	4	30	Shape_Length			

#### 나. 교통량 자료

- 교통량 자료는 링크 연장과 곱하여 차량주행거리를 산정하게 되는 주요 자료
- 교통량이 수집되지 않은 곳(단위구간 또는 링크)을 추정하기 위한 입력 자료로 활용됨
- 교통량 자료는 차량검지기, 현장조사를 통해 수집되거나 도로교통량통계연보의 교통량 조사 자료를 활용하여 구축 할 수 있음
  - 차량검지기 자료는 지자체별로 구축되어 있는 ITS 시스템을 이용하여 수집 가능함
  - 현장조사 자료는 기 조사한 자료를 활용·보완(연도 보정 등)하여 사용하거나 필요시 직접 조사할 수 있음



- 본 연구에서 직접 조사를 통한 교통량 자료 수집은 어려우므로, 지자체마다 매년 정기적인 조사를 통해 구축한 현장조사 교통량 자료를 보완(연도 보정 등)·활용
- 도로교통량통계연보의 교통량 자료는 한국건설기술연구원에서 제공하는 전국 고속국도, 일반국도, 국가지원지방도, 지방도의 차종별 연평균일교통량(AADT)을 활용하여 수집 가능함
  - 2013년 기준 고속국도 509지점(상시조사 217지점, 수시조사 292지점), 일반국도 1,598지점(상시조사 621지점, 수시조사 977지점), 국가지원지방도 341지점, 지방도 1,153지점 도로교통량 조사 실시
  - 대상차종은 승용차, 버스, 화물차로 구분하며 세부적으로는 12개 차종으로 구분됨
- 차량주행거리 산정을 위해서는 연평균일교통량(AADT)이 필요하므로 조사·수집한 교통량을 월 보정계수, 요일 보정계수 및 시간 보정계수 등을 적용하여 연평균일교통량으로 보정하는 과정이 필요함
- 일반적으로 AADT는 24시간동안 조사된 교통량에 요일별·월별 보정계수를 곱하여 추정함
  - 이 방법은 수시조사지점과 유사한 교통패턴을 갖는 상시조사지점을 찾는 것이 매우 중요하지만 해당 상시조사지점을 찾는 객관적 방법이 존재하지 않는 한계가 있음
- 차량검지기 교통량 자료를 활용할 때에는 조사 지점의 상시(1년 중 365일, 1일 중 24시간, 1시간~5분 단위로 수집되는)교통량이 수집되므로 2013년 1년간 수집된 교통량의 평균을 산출하여 AADT를 산정함<sup>3)</sup>
- 현장조사 교통량을 활용할 때에는 관측교통량에 시간보정계수(HF)를 적용하고 이를 다시 월별, 요일별 보정계수를 적용하여 AADT를 산정하였으며 추정식은 다음과 같음

$$AADT_i = Vol_{ijk} \times HF \div MF_j \div DF_k$$

$AADT_i$ : i지점의 AADT 추정값

$Vol_{ijk}$ : i지점의 j월, k요일에 조사된 6시간 교통량

$HF$ : 시간보정계수(=k요일의 평균 일교통량/6시간 교통량)

$MF_j$ : j월의 보정계수(=j월의 평균 일교통량/연평균일교통량)

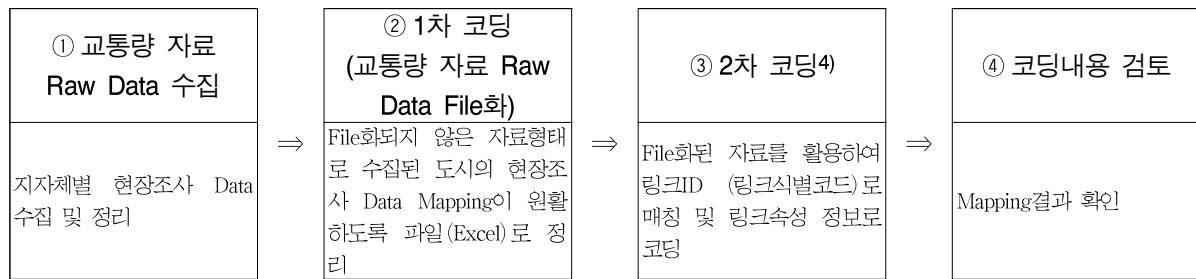
$DF_k$ : k요일의 보정계수(=k요일의 평균 일교통량/평균일교통량)

3) 일부 차량검지기 자료는 1년간의 모든 데이터가 수집되지 않는 곳이 있으나, 이러한 링크의 AADT는 교통량이 수집되는 기간의 총 교통량의 합을 수집되는 일수로 나누어 수집되는 기간의 평균일교통량을 산출하며, 이를 해당 링크의 AADT로 산정함.

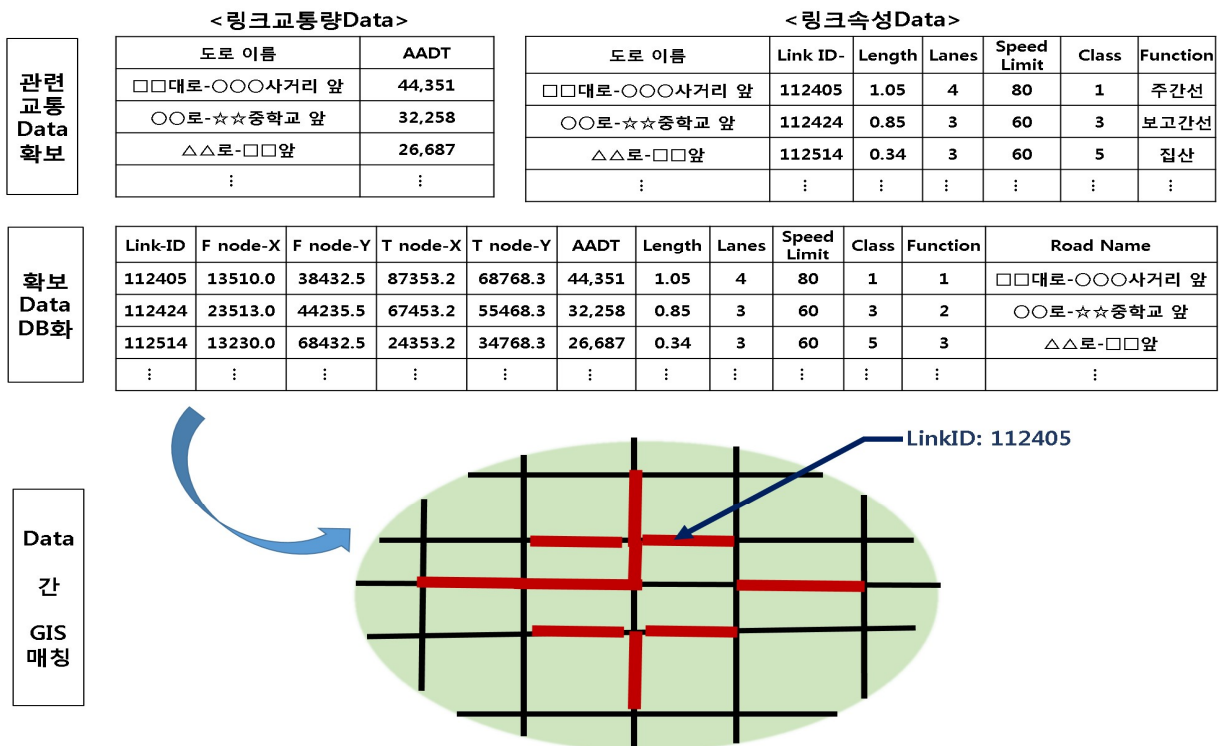
- 시간보정계수( $HF$ ), 월보정계수( $MF_j$ ), 요일보정계수( $DF_k$ )는 현장조사가 이루어진 해당 도시의 차량검지기 자료로부터 각 도시별 평균 시간/월/요일보정계수를 산출함

#### 다. 교통량 자료 GIS Mapping

- 수집된 교통량 자료와 도로속성(현황) 자료는 저장된 형태가 다르기 때문에 수집한 모든 자료를 통합된 형태로 재구축하는 과정이 필요함
  - 교통량 자료와 도로속성 자료는 링크 단위로 구축되어 있음
  - 교통량 자료는 링크ID(링크식별코드)와 교통량 정보로 구성되어 있음
  - 도로속성 자료는 GIS 기반의 자료로서 링크ID(링크식별코드)와 링크의 위치정보 및 링크 속성 정보로 구성되어 있음
  - 본 연구에서는 도시부 차량주행거리 산정을 위해서 교통량 자료가 수집되지 않는 곳의 교통량을 추정하고자 함
  - 교통량 추정을 위해서는 교통량이 수집되는 링크의 위치정보, 교통량, 교통량에 영향을 미칠 수 있는 사회경제지표, 도로속성 정보가 필요함
  - 교통량 수집율 현황 및 교통량이 수집되는 지점의 공간적 분포 파악뿐만 아니라, 추후 교통량 추정을 위해서 교통량 자료와 도로속성 자료를 통합·재구축하는 과정이 필요함
- 차량검지기를 통해 수집된 교통량 자료는 ITS 시스템으로부터 DB화된 정보의 형태로 제공됨
- DB화된 형태로 제공되는 차량검지기 교통량 자료는 링크ID(링크식별코드)를 통해 도로속성(현황) 자료와 매칭이 가능하며, GIS 기반자료인 도로속성 자료와 매칭 이후 공간상에서 교통량 분포를 나타낼 수 있게 함
- 현장조사 교통량 자료는 도시별로 제공되는 형태가 다양하여 일관된 형태의 자료를 구축하는 과정이 필요함
- 지자체별 현장조사 자료 형태가 전자화 되어있는 인천광역시, 광주광역시는 코딩작업이 간소화(1차 코딩 생략)되며, 타 도시는 보고서 형태로 정리되어 있는 교통자료를 코딩하여 File화 함
  - 현장조사 교통량 자료가 전산처리 가능한 Data File의 형태로 수집되지 않는 도시의 경우 교통량 자료의 Data File화(1차 코딩) 과정을 통해 전산처리가 가능한 형태로 변환함
  - 1차 코딩을 거쳐 Data File화된 현장조사 교통량 자료는 차량검지기 교통량 자료와 같이 도로속성(현황) 자료와 매칭 이후 공간상에서 교통량 분포를 나타낼 수 있게 함



<그림 3-9> 현장조사 Data의 GIS Mapping 작업 절차

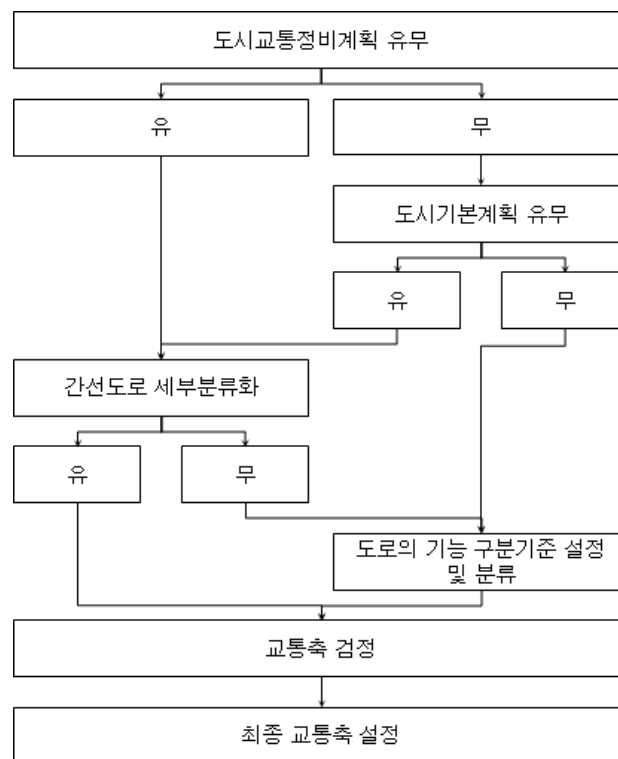


<그림 3-10> 교통량 자료 GIS Mapping 과정 개념도

4) File화된 형태로 현장조사 자료가 수집되는 도시는 2차 코딩 부터 진행

## 2. 교통축 설정

- 교통축 설정 과정은 도시부 차량주행거리 추정대상 도로를 설정하는 단계로써, 대부분의 지자체에서 교통DB 수집지점 설정시 기준이 되는 간선도로 이상의 도로를 선별해 내기 위한 작업임. 본 단계에서는 차량주행거리 추정대상 도로구간 설정과 도로 등급 분류로 구분됨
- 본 연구에서는 차량주행거리 산정 대상 도로구간 설정은 도시교통정비계획 유무에 따라 <그림 3-11>과 같이 진행함



<그림 3-11> 교통축 설정과정

### 가. 도로의 기능 구분 및 VKT 추정 대상

- 도시교통정비계획이나 도시기본계획에 수록되어 있는 간선도로(도시고속도로, 주간선도로, 보조간선도로)망을 추출하는 단계임
  - 각 지자체에서 도시계획 상 간선도로 이상인 도로를 교통 정보를 수집하는 대상지점으로 선정하고 있음
  - 주간선도로

- 도시지역 도로망의 골격을 형성하는 주요 도로로서 도시지역 내부에 위치한 주요 도시 시설물들을 연결함
- 지방지역 주간선도로가 도시지역을 통과할 때, 도시지역 통과구간 역할 담당함
- 보조간선도로
  - 도시지역 주간선도로에 연결하여 주간선도로 기능을 보완하는 도로로서 보조간선도로 시·종점 중 한 개는 도시지역 내부에 위치함
  - 도시지역 주간선도로와 평행하게 위치하는 경우가 많음
- 집산도로
  - 생활권 내 주요 도로 축으로 생활권내에 위치한 주요 시설물을 연결함
  - 도시지역 보조간선도로에 평행하게 위치하는 경우가 많음
- 국지도로
  - 접근성이 가장 좋은 도로로써 도시지역에 위치한 각종 교통유발시설 주변에 위치함
  - 차량 통행보다 보행이나 자전거 통행을 우선적으로 고려해야함
- 교통량 자료 확보 용이성 측면에서 보조간선도로 이상인 도로를 대상으로 교통축으로 선정함

#### 나. 교통축 설정방법

- 도시교통정비계획 및 도시기본계획 유무와 간선도로의 세부 분류 여부에 따라 구분하여 진행함
- 도시교통정비계획은 주요 간선도로가 명시되어 있어 보조간선도로 이상의 기능을 하는 도로를 대상으로 하는 교통축 설정에 주요 자료가 됨
- 도시교통정비계획 적용 도시 : 인천광역시, 울산광역시, 부산광역시
- 도시교통정비계획에서 도로기능을 세분화하지 않은 도시는 도로특성을 이용한 별도의 기준을 적용하여 분류함
- 별도 기준 적용 도시 : 광주광역시, 대전광역시, 대구광역시
- 별도의 정량적인 기준은 『도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설-일부개정』(국토해양부, 2012)를 근거로 <표 3-5>의 도시부 도로 특성을 이용하여 ‘교차로 최소간격’, ‘설계속도’, ‘중앙분리유형’을 통해 도로기능 분류함

- ‘교차로 최소간격’은 교차로 사이에 존재하는 링크의 연장(ITS표준링크 길이)을 이용하여 계산함
- ‘설계속도’는 도로 최고제한속도와 같다는 가정아래 계산함
  - 제한속도는 「고속도로 및 자동차전용도로 외의 일반도로에서는 60km/h 이내, 편도 2차로 이상의 도로에서는 매시 80킬로미터 이내」로 규정하고 있으며(도로교통법 제19조, 2010), 도로의 설계기준에 의하여 결정되는 것이 아니라 도시 내 관할 경찰청이 결정하고 있음
- ‘중앙분리유형’은 네비게이션 데이터의 중앙분리대 설치 유무에 따라 판별하였으며, 네비게이션 데이터에서 중앙분리대 설치 유무 정보가 부재할 경우 실제 도로현황(포털 사이트 전자지도)을 활용함. 보행자의 무단횡단 방지용 간이중앙분리대는 중앙분리유형에서 ‘없음’으로 가정함

<표 3-5> 도시지역 도로의 개략적 특성 및 도로기능 구분결과

구분	도시고속도로	주간선도로	보조간선도로	집산도로	국지도로
주기능	우리나라 간선도로망 연결	해당 도시의 간선도로망 구축	주간선도로를 보완함	도시 내 생활권 주요도로망 구축	시점과 종점
도로전체길이 백분율(%)	5~10		10~15	5~10	60~80
도시전체 교통량에 대한 백분율(%)	0~40	40~60		5~10	10~30
배치간격(km)	3.00~6.00	1.50~3.00	0.75~1.50	0.75이하	-
교차로 최소간격(km)	1.00	0.50~1.00	0.25~0.50	0.10~0.25	0.03~0.10
설계속도(km)	100	80	60	50	40
노상주차 여부	불허	원칙적 불허	제한적 허용	허용	허용
접근관리 수준	출입제한	강함	보통	약함	적용안함
도로 최소폭(m)		35	25	15	8
중앙분리유형	분리	분리	분리/미분리	비분리	비분리
보도설치여부	설치안함	설치/미설치	설치	설치	설치
최소차로폭(m)	3.50	3.50~3.25	3.25~3.00	3.00	3.00

자료: 국토해양부(2012), 도로의 구조시설기준에 관한 규칙, 해설 - 일부개정-

- 자료구축이 불완전하여 도로기능 기준으로 활용하기 어렵거나 정량화가 어려운 기준은 도로 기능 구분에서 제외함
  - 불완전한 자료구축: 도시전체 교통량에 대한 백분율(%), 노상주차여부, 보도설치여부, 최소 차로폭(m)
  - 정량화가 어려운 구분기준: 주기능, 접근관리 수준
- 별도 기준 적용시, ‘설계속도(최고제한속도)’, ‘링크길이’, ‘중앙분리대 유무’를 적용할 수 있으나, 이 중 ‘설계속도’를 기준으로 하였을 때 도시교통정비계획에 명시된 현황과 가장 유사한 결과를 보임

<표 3-6> 본 연구에서 설정한 기준에 따른 도로 기능 구분 결과 (인천광역시 대상)

	도시교통정비계획기준	교차로최소간격기준	설계속도기준	도로최소폭기준
도시고속도로	6	6	6	6
주간선도로	28	5	35	26
보조간선도로	59	24	52	30
집분산도로	-	58	-	31
일치율		24.73%	73.12%	55.91%

- 별도 기준 항목 중 각각의 조건에 의해 다른 결과가 나왔을 경우 다음과 같이 분류함
  - 노선의 도로기능 위계가 상이한 경우, 모든 기준이 상위 도로기능 요건을 만족할 경우에만 해당기능 도로로 분류함
  - 실제 도로기능과 정량적 기준상의 “분류 기준”이 다를 경우, 설계속도에 의한 기능 구분에 우선순위를 두어 분류함

<표 3-7> 도로기능 분류 시 발생가능 경우

구분	‘설계속도’로 판별 결과	‘교차로 간격’으로 판별 결과	최종 도로 기능 판별 결과
1	주간선도로	주간선도로	주간선도로
2	보조간선도로	보조간선도로	보조간선도로
3	보조간선도로	주간선도로	보조간선도로
4	주간선도로	보조간선도로	보조간선도로

- ‘교차로 최소간격(km)’, ‘설계속도(km/h)’, ‘중앙분리대 유무’로 구분한 도로 기능 분류는 ‘도로전체길이 백분율’, ‘도로최소폭(m)’을 활용하여 검정함
  - 도로 기능별 분류된 링크의 연장을 활용하여 “도로전체길이 백분율”을 산정하여 비교함
  - ‘도로 최소폭’은 해당 교통축을 구성하는 링크의 차로 수를 검토하여 가장 최소인 차로수를 비교함
- 『도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설-일부개정』(국토해양부, 2012)에서 제시하는 도시부 도로의 도로기능 구분기준 중 차량주행거리 산정을 위한 교통축 도로기능분류에 사용되는 항목은 <표 3-8>과 같음

<표 3-8> 자동차주행거리 교통축 설정 시 도로 분류

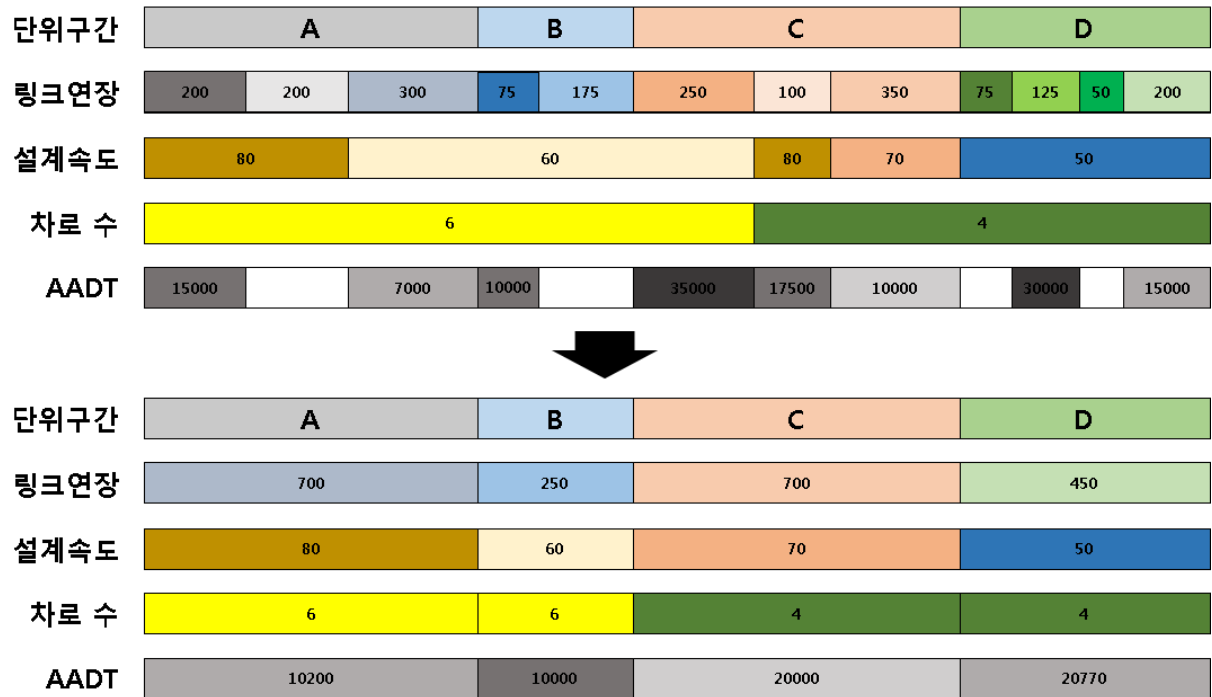
구분	도시고속도로	주간선도로	보조간선도로
교차로 최소간격(km)	1.00~	0.50~1.00	0.25~0.50
설계속도(km/h)	100	80	60
중앙분리유형	분리	분리	분리/미분리
도로전체길이 백분율(%)	5-10		10-15
도로 최소폭(m)		35	25

### 3. 단위구간 설정

- 단위구간은 차량주행거리를 산정하기 위해 사용되는 가장 기초적인 도로구간임
- 단위구간은 같은 성격의 도로기능 및 속성을 가지고 있는 구간으로 자료수집 단계에서 ITS 표준링크 체계로 입력한 교통DB를 교통축 내 단위구간 체계로 변환함
- 2013년도 부천시 차량주행거리 산정과정에서 신호교차로 기준과 도로기하구조 특성기준에 따라 분류한 결과 신호교차로 기준이 더 우수한 결과를 보임. 이에 6대 광역시 차량주행거리 산정시 신호교차로 기준 단위구간을 설정함
- 각 도시에서 도로기능이 보조간선도로 이상(도시고속도로, 주간선도로, 보조간선도로)인 교통축을 대상으로 단위구간을 설정함. 단, 이 과정에서 단위구간 중간에 존재하는 집분산도로 및 국지도로의 교통량은 단위구간 내 교통량에 영향을 주지 않는 것으로 가정함



- 단위구간의 사회경제적 및 도로기능 지표의 값들은 단일 값을 가지기 때문에 단위구간 도중 값이 바뀌는 경우는 단위구간 내 더 많은 성질을 보이는 특성을 반영하기로 가정함
- 단위구간 내 교통량은 위에 명시된 이유로 인하여 단위구간 내 수집교통량이 존재하는 링크가 1개 이상 존재할 경우 전체 단위구간의 교통량의 값을 가짐. 2개 이상의 다중의 값이 존재할 경우 링크거리에 대한 가중 평균값을 이용함



<그림 3-12> 단위구간 내 교통DB 보정

#### 4. 교통량 부재구간의 교통량추정

##### 가. 개요

- 차량주행거리 추정을 위해 교통량 부재구간의 교통량 추정이 필수적이며, 본 연구에서는 추정 방법으로 회귀크리깅을 이용함
- 회귀크리깅은 회귀 접근법과 크리깅을 결합한 공간통계기법의 한 방법으로서 추정치의 정확도가 기존 회귀모형에 비해 상대적으로 향상되는 결과를 보임
- 회귀크리깅은 회귀분석 단계와 크리깅 단계로 나누어 수행함
  - 회귀분석 단계: 도시별 회귀모형 구축 시 설명력이 높은 모형을 구축하기 위해 종속변수(교통량)에 유의한 영향을 미치는 독립변수를 선별하는 단계적 회귀분석(Stepwise Regression)<sup>5)</sup>과정
  - 크리깅 단계: 모형 추정에 사용된 자료인 수집교통량 ‘참값’과 모형 추정에 사용되지 않은 ‘추정값’의 잔차를 줄이는 크리깅<sup>6)</sup> 과정

##### 나. 회귀분석

- 회귀분석은 변수들 중 하나의 종속변수로 나머지를 독립변수로 하여 변수들 간 상호관계의 본질을 밝히는 통계적 기법의 하나임
- 현재 수집한 도로정보, 사회경제지표, 교통량 자료를 가지고 종속변수(교통량)에 영향을 미치는 독립변수를 설정하여, 각 도시에 맞는 회귀모형을 만들어 수집교통량이 없는 단위구간의 교통량을 추정하여 최종적으로 광역시 별 도시부 차량주행거리를 산정하고자 함
- 한편 상관계수는 -1과 +1 사이의 값을 취할 수 있는데 +1의 상관계수는 양의 상관관계를 나타내고, -1의 상관계수는 음의 상관관계를 나타냄. 양의 상관관계는 한 변수가 증가함에 따라 다른 변수도 증가하는 상관관계를 말하며, 음의 상관관계는 한 변수가 증가함에 따라 다른 변수는 감소하는 상관관계를 말함
- 상관계수의 제곱, 즉 결정계수(Coefficient of Determination)는 종속변수의 전체 변이 중 독립변수가 설명해 줄 수 있는 비율로 이 결정계수 값에 따라 회귀모형의 설명정도를 알 수 있는 척도가 됨

5) 통계패키지 프로그램 SPSS 이용

6) 통계패키지 프로그램 SAS 이용, 〈부록 C〉의 SAS 코드를 이용

- 일반적인 회귀모형은 다음과 같으며 회귀분석 모형은 다음과 같은 4가지 가정을 충족해야 함

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + e_i \quad e_i \sim N(0, \sigma^2) \quad i = 1, 2, \dots, n$$

- 독립변수와 종속변수가 선형관계에 있음
- 잔차  $e_i$ 는 모든  $x$ 에 대해 정규분포를 가짐(잔차의 정규성)
- 잔차  $e_i$ 의 분산은 회귀선의 모든 값에서 동일적임(잔차의 동분산성)
- 표본개체간의  $e_i$ 는 상호독립임(잔차의 독립성)

#### 1) 교통량(종속변수)과 독립변수 간 상관관계 분석

- 신호교차로 기준 단위구간 교통량과 교통량에 영향을 끼칠만한 사회경제적 정보 또는 도로 속성정보(독립변수) 간 상관관계 분석 실시함
  - 독립변수는 도로기능, 차로수, 제한속도, 중앙분리대유무, 평균교차로간격, 시가화여부, 행정구역, 주간선접촉여부로 선정함
- <표 3-9>에 제시된 여러 가지 상관관계 분석 기법 중 설정기준의 자료 형태(범주형 변수, 연속형 변수)에 따라 분석방법을 달리하여 독립변수와 종속변수 간 상관관계 분석 실시함
  - 도로기능, 중앙분리대유무, 시가화여부, 행정구역, 주간선접촉여부는 범주형변수에 해당함. 분석방법은 변수 내 각 항목에 대해 더미변수를 지정하고 Spearman 서열상관분석을 실시함
  - 차로 수, 제한속도, 평균교차로간격은 연속형변수로 상관관계분석시 Pearson 방법을 사용함

#### 2) 독립변수 간 상관관계 분석

- 독립변수와 종속변수 간의 상관관계 분석결과를 토대로, 교통량에 영향을 미치는 독립변수 중 독립변수 간 연관성이 높아 교통량과 실제로 연관성이 떨어지는 변수들을 걸러내기 위해 독립변수 간 상관관계를 분석함
- 독립변수 간 상관관계는 <표 3-9>에 제시된 여러 가지 상관관계 분석 기법 중 설정기준의 자료 형태(범주형 변수, 연속형 변수)에 따라 분석방법을 달리하여 실시함
  - 가장 널리 이용하고 있는 방법인 Pearson, Spearman 분석방법을 이용함
  - 연속형 변수를 대상으로 Pearson 분석 방법, 범주형 변수 및 연속형과 범주형이 결합한 혼합형 변수를 대상으로 Spearman 분석 방법을 실시함

&lt;표 3-9&gt; 변수 수준별 상관계수의 산출통계방법

변수 수준	상관계수의 산출통계방법
두 개의 명목변수	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Guttman의 예언계수 (Guttman's Coefficient of Predictability, <math>\lambda</math>)</li> <li>- Yule의 Q계수(Yule's Q)</li> <li>- Yule의 Y계수(Yule's Y)</li> <li>- Pearson의 C계수(Pearson's C)</li> <li>- Tschuprow의 T계수(Tschuprow's T)</li> <li>- 파이계수(<math>\phi</math>)</li> <li>- 사분상관계수(Tetrachoric Correlation Coefficient)</li> </ul>
두 개의 서열변수	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Goodman과 Kruskal의 서열상관계수 (Goodman and Kruskal's Coefficient of Ordinal Association, <math>\gamma</math>)</li> <li>- Kendal의 타우계수(Kendal's <math>\tau</math>)</li> <li>- Spearman의 순위상관계수(Spearman's <math>\rho</math>)</li> <li>- Flanagan의 상관계수(Flanagan's Coefficient of Correlation)</li> </ul>
두 개의 등간변수	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pearson의 적률상관계수(Pearson's <math>r</math>)</li> <li>- 상관비(Correlation Ratio, <math>\eta^2</math>)</li> <li>- 곡선상관계수(Coefficient of Curvilinear Correlation)</li> </ul>
명목변수와 서열변수	- Freeman의 차별상관계수(Freeman's $\Theta$ )
명목변수와 등간변수	- 상관비 $\eta^2$ 계수
서열변수와 등간변수	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jaspens의 다분상관계수 (Jaspens's Coefficient of Multiserial Correlation, M)</li> <li>- Peters와 Van Voorhis의 다류상관계수 (Peters and Van Voorhis's Point-Multiserial Correlation)</li> <li>- 양분상관계수(Biserial Correlation, <math>\gamma_{bis}</math>)</li> <li>- 양류상관계수(Point-Biserial Correlation, <math>\gamma_{pb}</math>)</li> </ul>

## 3) 단계적 회귀분석

- 단계적 회귀분석이란 종속변수를 설명해주는 많은 설명변수 중에서 회귀모형에 사용할 순차적으로 하나씩 선택하거나 제거하여 설명력이 가장 뛰어난 회귀모형을 선택하는 방법임
- 통계적으로 중요한 변수를 첨가해 가면서 분석을 수행하거나 통계적으로 의미 없는 변수를 제거하며 분석을 수행하는 것으로 독립변수를 모두 함께 모형에 투입하여 그 중에서 가장 영향력 있는 변수들만 단계적으로 출력함

### 다. 공간통계기법

- 공간통계기법은 공간적 또는 시간적으로 분포하는 물리적 현상이나 자료의 분석을 적용할 수 있는 통계학의 한 분야임
- 공간통계기법 중 대표적인 방법으로 크리깅(Kriging)은 관심 있는 지점에서 어느 특정한 값을 알기 위해 이미 값을 알고 있는 주위 값들의 선형조합으로 그 값을 예측하는 기법임
  - 가중값은 주위에 알려진 값들의 상호거리와 상관관계에 따라 결정됨
  - 예측값과 참값 사이의 오차가 최소가 되도록 하며(minimum variance), 많은 경우에 추정값이 편향되지 않아야(unbiased) 한다는 조건을 추가로 사용함

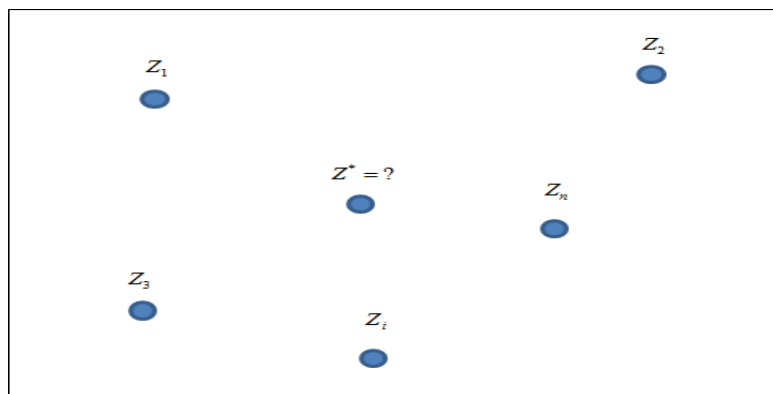
$$z^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i z_i$$

$z^*$ : 위치가 알려진 지점에서 크리깅을 이용한 예측값

$z_i$ : 이미 알고있는 주위의 자료값

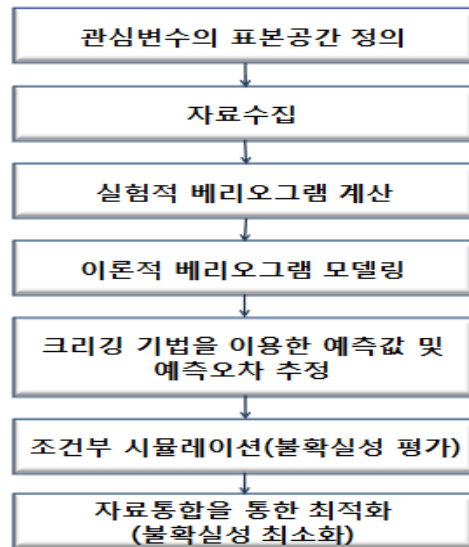
$\lambda_i$ : 각 자료의 가중치

$n$ : 크리깅 예측을 위해 사용한 자료의 총 개수



<그림 3-13> 주어진 자료값( $z_i$ )의 위치와 예측지점값( $z^*$ )

- 공간통계기법 적용과정은 <그림 3-14>와 같이 요약할 수 있음



<그림 3-14> 공간통계기법 적용과정

#### 1) 관심변수의 표본공간 정의

- 본 연구의 목적은 지역 내 차량주행거리(VKT) 추정이므로 도시부 도로 네트워크를 대상으로 표본공간을 설정함
- 공간통계기법 적용 시 표본의 기본단위인 단위구간의 설정이 필요함
  - 동일 단위구간은 도로의 물리적인 측면과 운영측면에서 동질적인 구간으로 정의할 수 있음

#### 2) 자료수집

- 공간통계기법에 사용하는 교통량 자료는 차량검지기 교통량 자료, 현장조사 교통량자료 및 도로교통량통계연보 자료를 이용함
- 앞서 선정한 단위구간에 대한 공간정보 및 도로 특성자료는 국가교통DB센터(KTDB)에서 제공하는 교통주제도 및 ITS표준노드링크를 활용하여 구축함
  - 단위구간 내 다수의 ITS표준노드링크가 포함되어 있는 경우에 각 링크의 중심부 좌표의 거리중평균값을 대표 좌표로 정함
- 도로의 특성을 나타내는 설명변수들은 해당 지점의 교통축, 도로기능, 교차로 밀도, 차로 수, 제한속도(km/h), 도로변 토지이용특성, 주간선도로 접촉여부 및 AADT 그룹으로 선정함

&lt;표 3-10&gt; 공간통계기법 적용을 위한 자료수집

구분	내용
공간정보	- 경도, 위도(ITS표준노드링크 중심점 기준, Katech 좌표체계)
도로특성	- 교통축 / 도로기능 / 평균 교차로 간격 / 차로 수 / 최고제한속도 (km/h) 시가화 여부 / 주간선도로 접촉여부

## 3) 실험적 베리오그램(experimental variogram) 계산

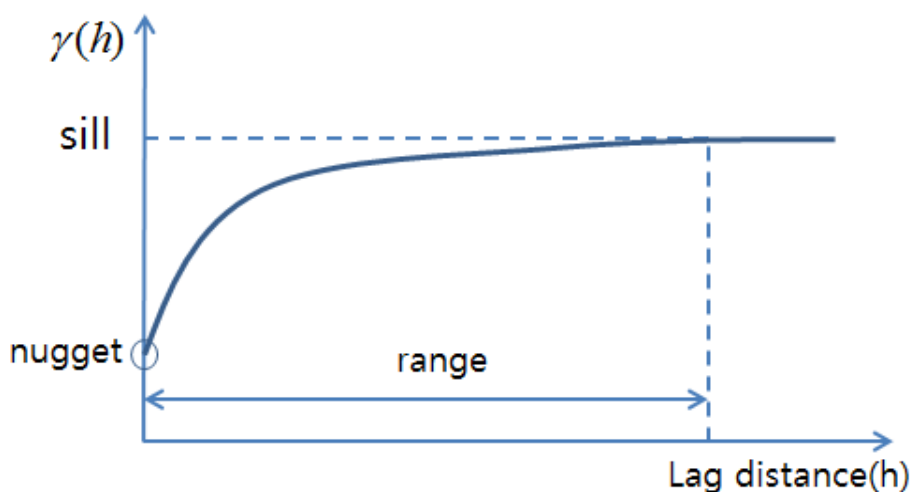
- 베리오그램(variogram)은 일정한 거리에 있는 자료의 유사성을 나타내는 척도로 다음 식과 같이 정의됨. 베리오그램은 분리거리  $h$ (lag distance)만큼 떨어진 두 자료 간 차이를 제공한 것의 기대값임

$$2\gamma(h) = E[(z(x) - z(x+h))^2]$$

- 반베리오그램(semi-variogram)은 베리오그램의 반에 해당하는 값이며 분리거리  $h$ 만큼 떨어진 자료수가  $n$ 개일 때, 다음과 같이 계산할 수 있음

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n [z(x_i) - z(x_i+h)]^2$$

- 문턱값(sill): 자료들이 상관관계를 나타내지 않는 일정한 반베리오그램값
- 상관거리(range): 자료들이 상관관계를 보이는 최대 분리거리
- 너깃(nugget): 분리거리가 0일 때 나타날 수 있는 상수값



&lt;그림 3-15&gt; 일정한 문턱값을 갖는 전형적인 반베리오그램

- 실험적 베리오그램은 주어진 자료로부터 계산된 베리오그램이며 이를 가장 잘 대표하는 이론적 베리오그램을 추정함

#### 4) 이론적 베리오그램(theoretical variogram) 모델링

- 실험적 베리오그램으로부터 주어진 자료의 특성을 가장 잘 반영하는 이론적 베리오그램을 찾아내는 것은 매우 중요함
  - 시각적 판단 및 경험을 통한 베리오그램 모델링과 가중최소자승법(weighted least square method)을 사용할 수 있음
- 이론적 Variogram은 구형모델(spherical model), 지수모델(exponential model), 가우시안 모델(gaussian model) 등이 있음. 본 연구의 이론적 Variogram 모델은 일반적으로 가장 많이 사용되는 구형모델을 활용함. 산정식은 다음과 같음

$$\gamma(h) = Sph_a(h)$$

$$\gamma(h) = C_0 Sph_a(h) = \begin{cases} C_0 \left[ 1.5 \left( \frac{h}{a} \right) - 0.5 \left( \frac{h}{a} \right)^3 \right], & \text{for } h \leq a \\ C_0, & \text{for } h > a \end{cases}$$

$\gamma(h)$ : Variogram (데이터간 공간적 유사성 척도)

$C_0$ : 공간적 자기상관성이 나타나지 않는 한계지점 (문턱값, Sill)

$a$ : 표본지점들간 공간적 의존성이 나타나는 거리 (상관거리, Range)

$h$ : 데이터간의 공간적 거리 (분리거리)

#### 5) 크리깅기법을 이용한 예측값 및 예측오차 추정

- 공간통계기법 중 대표적인 방법으로 크리깅(kriging)은 미지의 값을 추정하고자 하는 지점에서 기지의 주변 관측값의 가중선형조합으로 그 값을 예측하는 기법임

$$Z = \sum_{i=1}^n \lambda_i z_i$$

$Z$ : Kriging 기법에 의한 추정값

$z_i$ : 위치  $x_i$ 에서의 관측값

$\lambda_i$ : 사용된 관측값들의 가중값

$n$ : 관측값의 개수

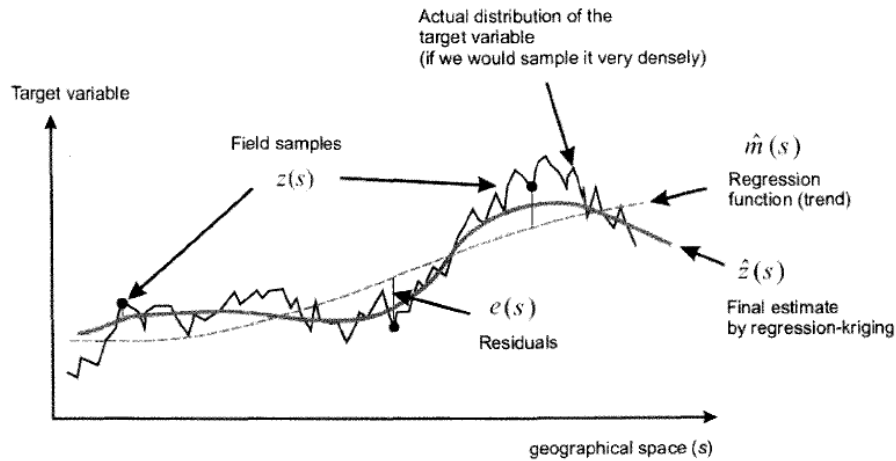


- Kriging 기법을 적용하기 위해서는 추정하고자 하는 변수에 대한 표본공간을 정의해야 하며, 자료들간의 공간적 상호관계의 파악이 선행되어야 함. 자료간의 공간적 상호관계는 Variogram을 통해서 정량화 할 수 있음
- Kriging 기법을 적용하는 과정을 요약하면 다음과 같음
  - Step 1. 관심있는 변수의 표본공간을 정의함
  - Step 2. 표본공간 내 자료 수집
  - Step 3. 표본공간의 자료를 이용하여 실험적 베리오그램을 도출함
  - Step 4. 실험적 베리오그램을 가장 잘 묘사하는 이론적 베리오그램을 도출함
  - Step 5. 주어진 자료와 베리오그램을 이용하여 크리깅 기법을 통해 미지의 값을 추정함

#### 라. 회귀크리깅(Regression Kriging)

- 회귀크리깅 기법은 공간통계기법의 한 방법으로서 설명변수로 설명가능한 공간적인 경향성을 회귀식으로 추정하고 잔차(residual)에 대해서 크리깅을 이용하는 방법임
- Ahmed and de Marsily(1987)이 처음으로 이러한 개념을 연구에 도입한 후 Odel et al(1994)가 회귀크리깅(Regression-Kriging)이라는 이름으로 모형에 명칭을 부여하였음
- 공간통계기법을 이용하여 공간상에서 발생하는 다양한 현상의 패턴을 모형화 할 때, 공간적 자기상관성이 존재할 경우 예측값이 편향(biased)될 수 있음
- 일반적으로 Kriging 기법은 자료에 공간적인 경향성이 없을 때, 즉 약한 불변성(weak stationarity)을 가정하고 있는 단순크리깅(simple kriging) 및 정규크리깅(ordinary kriging)이 있음
- 한편, 자료의 공간적인 경향성을 고려한 모형으로 최근 두 개 이상의 보간법을 결합한 하이브리드 모형이 있음(McBratney et al., 2000).
- Heng et al.(2003)은 모형의 설명변수에 따라 하이브리드 모형을 세 가지 유형으로 구분함
  - 경향성을 모형화 할 때 다른 보조변수의 이용 없이 표본지점의 좌표만을 이용하는 경우 일반 크리깅(universal kriging)으로 구분함
  - 또한, 경향성을 모형화 할 때 좌표값만이 아닌 다른 변수를 활용하면 이를 외부 추이를 이용한 크리깅(kriging with external drift, KED)이라 함. 외부 추이를 이용한 크리깅은 표본 자료로부터 일반화최소제곱(generalized least, square, GLS)을 통해 생성된 회귀식을 이용하여 한꺼번에 공간 예측을 수행함

- 경향성과 잔차(residual)의 추정이 개별적으로 이루어진 다음 결과를 통합하여 예측하는 방법은 회귀크리깅(regression kriging)으로 구분함. 회귀크리깅은 회귀모형과 크리깅모형을 결합하여 추정치의 정확도를 향상시킬 수 있음



<그림 3-16> 회귀크리깅 모형 개념도

$$\begin{aligned}\hat{z}(s_0) &= \hat{m}(s_0) + \hat{e}(s_0) \\ &= \sum_{k=0}^p \hat{\beta}_k \cdot q_k(s_0) + \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot e(s_i)\end{aligned}$$

$\hat{z}(s_0)$ :  $s_0$ 지점에서의 회귀크리깅 예측값

$\hat{m}(s_0)$ : 적합된 추이(drift)

$\hat{e}(s_0)$ : 내삽된 잔차

$q_k(s_0)$ :  $s_0$ 지점에 대한 독립변수의 값

$\hat{\beta}_k$ : 추정된 회귀모형의 계수

$p$ : 독립변수의 개수

$\lambda_i$ : 잔차의 공간적 의존 구조를 반영한 크리깅 가중값

$e(s_i)$ : 표본 위치( $s_i$ )에서의 잔차값

- 회귀크리깅은 회귀 모형과 크리깅을 결합한 것이라 할 수 있으며, 설명가능한 변이를 회귀 분석으로 후 잔차, 즉 설명되지 않은 변이에 대해서 기대값이 0인 단순크리깅을 이용하여 내삽하는 방법임
- 회귀크리깅은 크리깅 가중값을 결정할 때 보조변수를 예측변수로 직접 사용하며, 일반적인 크리깅 기법이나 외부 추이를 이용한 크리깅과 내삽 방법 측면에서는 수학적으로 동일하다고 할 수 있음
- 회귀크리깅의 적용과정은 <그림 3-17>과 같음

Step 1	회귀모형	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 교통량에 영향을 주는 사회경제적·도로속성 변수를 토대로 최적회귀모형 구축</li> <li>• SPSS 프로그램을 이용한 단계적 회귀분석 방법 이용</li> </ul>
↓		
Step 2	잔차 생성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 잔차 = (조사교통량- 추정교통량)</li> </ul>
↓		
Step 3	베리오그램	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주어진 자료로부터 실험적 베리오그램 계산</li> <li>• 실험적 베리오그램을 가장 잘 나타내는 이론적 베리오그램 추정</li> </ul>
↓		
Step 4	예측교통량 추정	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 예측교통량 = (회귀모형을 통한 추정교통량 + Kriging 기법에 의한 추정값)</li> </ul>
↓		
Step 5	차량주행거리	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지역 도시부 차량주행거리(VKT) = <math>\sum(AADT \times \text{도로연장})</math></li> </ul>

<그림 3-17> 회귀크리깅을 이용한 차량주행거리 산정과정

- 회귀모형과 회귀크리깅 기법을 비교하여볼 때, 회귀크리깅 기법을 이용하여 총 VKT를 산출한 경우의 평균절대오차율(MAPE)이 줄어드는 효과가 있을 것으로 판단됨

## 5. 차량주행거리 산정

- 차량검지기, 현장조사 및 도로교통량통계연보를 이용하여 수집된 교통량 및 공간통계기법을 통해 추정된 교통량을 활용하여 도로기능별·도로등급별·차종별 차량주행거리 자료를 산정해야 함. 차량주행거리 산정식은 다음과 같음

$$\text{차량주행거리}(VKT) = \sum_{t=1}^n \sum_{k=1}^3 (V_{tk} \times AD_{tk})$$

$V_{tk}$  : 링크별·차종별 교통량(대/일)

$AD_{tk}$  : 링크별·차종별 연장(m)

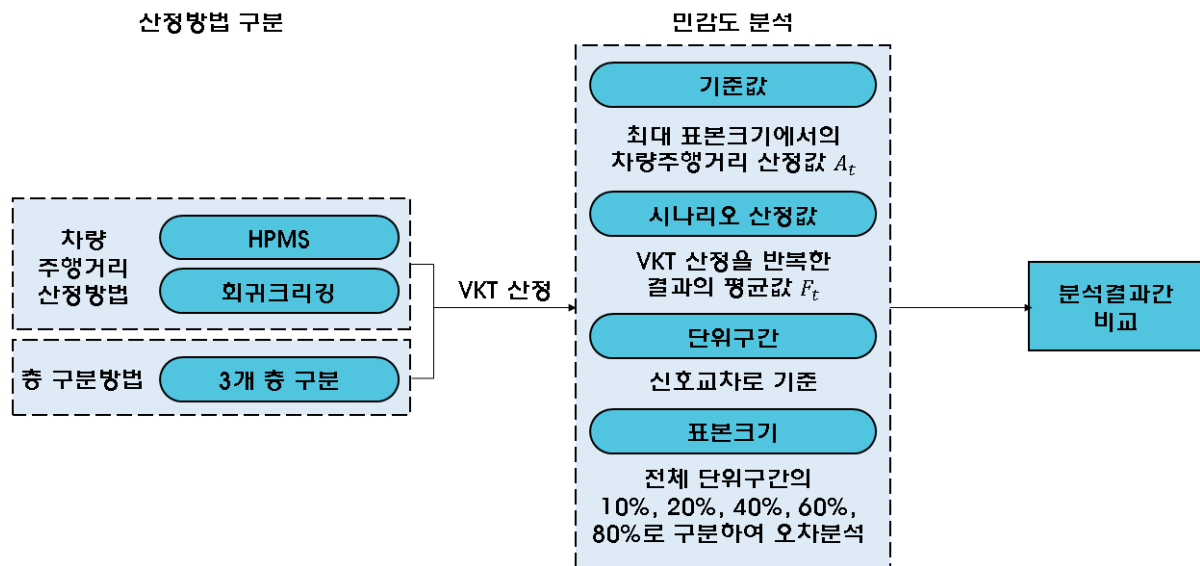
$t$  : Network 링크개수

$k$  : 차종(1: 승용차, 2: 버스, 3: 화물차량)

## 제4절 검증 및 민감도 분석방법

### 1. 민감도 분석의 개요

- 민감도 분석의 목적은 차량주행거리 산정방법 및 교통량 표본율별로 차량주행거리 오차율을 비교하여 효율적인 차량주행거리 산정방안을 도출하기 위함임
- 본 연구에서 수행한 민감도 분석의 절차 및 내용은 <그림 3-18>과 같음



<그림 3-18> 민감도 분석 절차

### 2. 민감도 분석방법

- 표본율별 차량주행거리 산정오차율은 Random Seed를 달리하여 반복 수행한 각 회차별 평균 및 표준편차 등의 결과값을 이용하여 산정함
- 무작위로 추출한 표본율을 점진적으로 증가시키며, 데이터를 ‘추정값’과 ‘참값’으로 구분함
- 오차율 산정을 위해서는 평균절대오차율(MAPE, Mean Absolute Percentage Error)을 이용하였으며 산정식은 다음과 같음

$$MAPE(\%) = \frac{100\%}{n} \times \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right|$$

여기서,

$A_t$ : 기준값

$F_t$ : 시나리오별 산정값

$t$ : 반복회차

$n$ : 반복회수

#### 가. 차량주행거리 산정방법에 따른 민감도 분석

- 차량주행거리 산정방법에 따른 차량주행거리 산정 오차율을 비교·분석하기 위해 HPMS 방법 및 회귀크리깅으로 구분하여 분석함
- 교통량이 수집되는 단위구간을 대상으로 총 VKT를 산정하고, 표본율별 총 VKT의 오차를 검토함
- 단위구간은 교차로를 기준으로 설정하였으며, 표본 크기는 전체 단위구간의 10%, 20%, 40%, 60%, 80%로 구분하여 오차율을 분석함
- 표본 추출시 bias를 줄이기 위해 Random Seed를 달리하여 10회 반복한 값을 이용하여 오차율을 분석함

#### 나. 표본율에 따른 민감도 분석

- 표본율에 따른 차량주행거리 산정 오차율을 비교 및 분석하였음
- 교통량이 수집되는 단위구간을 대상으로 총 VKT를 산정하고, 표본율별 총 VKT의 오차를 검토함
- 모형 추정에 사용된 자료는 수집교통량(참값)을 사용하여 VKT를 산정하고, 모형 추정에 사용되지 않은 데이터들은 ‘추정교통량’을 사용하여 VKT를 산정함
- 표본율별 표본 추출 반복 수행 결과인 각 회차별 총 VKT에 대한 평균, 표준편차 및 MAPE를 검토함
- 단위구간은 교차로를 기준으로 설정하였으며, 표본율 10%, 20%, 40%, 60%, 80%로 구분하여 수행함
- 표본 추출시 bias를 줄이기 위해 Random Seed를 달리하여 반복한 값을 이용하여 오차율을 분석함



## 제4장 지역간 도로의 차량주행거리 산정

---

제1절 지역간 도로 및 수집교통DB현황

제2절 차량주행거리 산정을 위한

소구간 설정

제3절 차량주행거리 산정방안

제4절 지역간 도로의 차량주행거리

제5절 기존 지역간도로 차량주행거리와의 비교

제6절 소결





## 제4장 지역간 도로의 차량주행거리 산정

### 제1절 지역간 도로 및 수집교통DB현황

#### 1. 지역간 도로 및 수집교통DB 현황

##### 가. 도로유형별 현황

- 본 연구의 대상 지역간 도로는 고속국도와 일반국도, 지방도와 국지도(국가지원지방도)이며, 해당 도로에 대한 의미는 다음과 같음
  - 고속국도는 도로 교통망의 중요한 축을 이루며 중요 도시를 연결하는 자동차 전용의 고속 교통에 사용되는 도로로서, 고속국도법 제3조에 따라 노선이 지정된 도로를 말함
    - 2013년말 한국도로공사의 고속도로 운영노선은 31개 노선 3,789km로 10차로 29km, 8차로 420km, 6차로 476km, 4차로 2,713km, 2차로 151km이며, 비운영 민자노선 320km 포함시 34개 노선 4,109km임<sup>1)</sup>
  - 일반국도는 지역간 주요 도시 및 거점(항만, 비행장, 관광지)을 연결하는 도로로서 고속국도와 함께 국가 기간 도로망을 이루는 도로이며, 대통령령에 의해 일반국도로 노선이 지정된 도로를 말함
    - 지방국토관리청에서 제공하는 일반국도 현황에 따르면 총 49개 노선 14,246km이 존재함<sup>2)</sup>
  - 지방도는 지방의 간선도로망을 이루는 도로이며 각 지역의 주요 거점(도청, 시청, 군청 소재지, 도내의 비행장, 항만, 역 등)을 연결하는 도로로서 고속도로, 일반국도, 지방도를 상호 연계하는 역할을 하며 해당 지역 도지사가 노선을 인정한 도로를 말함
  - 국지도는 지방도 중 주요 도시 및 거점(공항, 항만, 공업 단지, 주요 도서, 관광지 등)과 같은 주요 교통 유발 시설 지역을 연결하는 도로로서 고속국도와 일반국도로 이루어진 국가 기간 도로망을 보조하는 도로이며, 대통령령에 의해 국가지원지방도로 노선이 지정된 도로를 말함

1) 2013 고속도로 교통량 통계 (한국도로공사, 2014. 9)

2) 서울지방국토관리청 ([http://scmo.molit.go.kr/USR/WPGE0201/m\\_24249/DTL.jsp](http://scmo.molit.go.kr/USR/WPGE0201/m_24249/DTL.jsp))

## 1) 고속국도

- 본 연구에서 사용하는 고속도로의 공간적 범위는 한국도로공사에서 운영 중인 고속국도노선(수탁 민자고속도로 포함)과 비운영 노선 중 도로공사 연계 민자노선, 한국건설기술연구원 수시조사지점 중 민자 고속도로를 포함한 전국의 고속국도를 포함함

① 한국도로공사<sup>3)</sup>

- 한국도로공사에서는 고속도로 유지보수 계획, 교통사고분석, 인·물적 자원 이동 분석 및 영업시설 개선자료 등으로 활용하기 위하여 고속도로를 이용한 전체 차량을 대상으로 최근 5개년 간 실적을 기준으로 교통통계자료 작성
- 교통통계정보 작성기준상의 통계대상은 다음과 같음
  - 통계대상: 한국도로공사가 운영하는 313개 영업소(수탁민자영업소 23개 포함), 비운영 민자 노선 17개 영업소를 기초단위로 집계
  - 운영 노선(도공+수탁민자)의 영업소 현황의 상세 노선명 및 영업소명에 대한 내용은 다음과 같음

&lt;표 4-1&gt; 한국도로공사 운영노선(도공+수탁민자)

노선번호	노선명	개소	영 업 소 명
1	경부선	36	판교, 대왕판교, 서울, 수원, 기흥, 기흥동탄 오산, 안성, 북천안, 천안, 목천, 청주, 대전, 신탄진, 청원, 옥천, 금강, 영동, 황간, 추풍령, 김천, 동김천, 구미, 남구미, 왜관, 북대구, 경산, 영천, 건천, 경주, 서울산, 통도사, 양산, 노포, 부산, 칠곡물류
35	중부선	11	하남, 동서울, 경안, 곤지암, 서이천, 일죽, 음성, 진천, 증평, 오창, 서청주
	대전통영	17	관암, 남대전, 추부, 금산, 무주, 덕유산, 서상, 지곡, 생초, 산청, 단성, 서진주, 연화산, 고성, 동고성, 통영, 북통영
50	영동선	23	군자, 서안산, 안산, 군포, 동군포, 부곡, 북수원, 동수원, 마성, 용인, 양지, 덕평, 이천, 여주, 문막, 원주, 새말, 둔내, 면은, 장평, 속사, 진부, 횡계
25	호남선	19	승주, 송광사, 석곡, 곡성, 옥과, 창평, 동광주, 광주, 장성, 백양사, 내장산, 정읍, 태인, 금산사, 김제, 서전주, 전주, 삼례, 익산
251	호남선지선	4	논산, 계룡(양촌), 유성, 북대전
12	88 올림픽선	11	담양, 순창, 남원, 남장수, 지리산, 함양, 거창, 가조, 해인사, 고령, 성산
	무안광주선	6	무안공항, 동합평, 문평, 나주, 동광산, 서광산
253	고창담양선	3	북광주, 장성물류, 남고창
100	서울외곽선	6	구리, 토평, 성남, 청계, 시흥, 김포
110	제2경인선	1	남인천
120	경인선	1	인천

3) 2013 고속도로 교통량 통계 (한국도로공사, 2014. 9)

## &lt;표 계속&gt;

노선번호	노선명	개소	영 업 소 명
10	남해선	32	서영암(혼용), 강진, 장흥, 보성, 벌교, 고흥, 남순천, 순천만, 순천, 서순천, 광양, 동광양, 옥곡, 진월, 서김해, 동김해, 북부산, 북창원, 동창원, 진례, 하동, 진교, 곤양, 축동, 사천, 진주, 문산, 진성, 지수, 군북, 장지, 함안
102	남해제1지선	2	산인, 마산
104	남해제2지선	3	장유, 가락, 서부산
65	동해선	9	동해, 망상, 옥계, 남강릉, 강릉, 북강릉, 현남, 하조대, 양양
	(부산울산)	7	울산, 문수, 청량, 온양, 장안, 일광기장, 해운대송정 [수탁민자]
15	서해안선	27	서서울, 매송, 비봉, 발안, 서평택, 송악, 당진, 서산, 해미, 홍성, 광천, 대천, 무창포, 춘장대, 서천, 군산, 동군산, 서김제, 부안, 줄포, 선운산, 고창, 영광, 함평, 무안, 목포, 일로
55	중앙선	21	춘천, 홍천, 횡성, 복원주, 남원주, 신림, 제천, 남제천, 북단양, 단양, 풍기, 영주, 예천, 서안동, 남안동, 의성, 군위, 가산, 다부, 칠곡, 대동(혼용)
551	중앙선지선	2	남양산, 물금
30	당진영덕선	15	문의, 회인, 보은, 속리산, 화서, 남상주, 면천, 고덕, 예산수덕사, 신양, 유구, 공주, 서세종, 마곡사, 남세종
151	서천공주선	5	동서천, 서부여, 부여, 청양, 서공주
40	평택제천선	6	청북, 송탄, 서안성, 남안성, 북진천, 평택
300	대전남부순환선	2	서대전, 안영
20	익산포항선 (대구포항)	9	원주, 소양, 진안, 장수, 팔공산, 청통외촌, 북영천, 서포항, 포항
45	중부내륙선	23	양평, 북여주, 서여주, 감곡, 북충주, 충주, 괴산, 연풍, 문경새재, 점촌합창, 북상주, 상주, 선산, 남김천, 성주, 남성주, 현풍, 창녕, 영산, 남지, 칠서, 칠원, 내서
451	중부내륙선지선	4	달성, 회원, 서대구, 남대구
60	서울양양선	1	동홍천
	(서울춘천)	9	덕소삼패, 남양주, 화도, 서종, 설악, 강촌, 남춘천, 동산, 조양 [수탁민자]
17	평택화성선	4	북평택, 향남, 정남, 봉담 [수탁민자]
171	오산화성선	1	서오산 [수탁민자]
400	수도권제2순환선	2	북오산, 동탄 [수탁민자]
27	순천완주선	9	동전주, 상관, 임실, 오수, 서남원, 구례화엄사, 황전, 동순천, 북남원

- 한국도로공사의 비운영 노선(민자)의 상세 영업소 현황은 다음과 같음

&lt;표 4-2&gt; 한국도로공사 비운영노선(민자)

구 분	노선 번호	노선명	개소	영 업 소 명
연계 민자 노선		소계	17	
	25	논산천안선	8	남천안, 풍세, 정안, 남공주, 탄천, 서논산, 연무, 남논산
	55	대구부산선	9	동대구, 대구, 수성, 청도, 밀양, 남밀양, 삼랑진, 상동, 김해부산
비연계 민자 노선		소계	17	
	100	서울외곽선(퇴계원일선)	6	고양, 통일로, 양주, 송추, 별내, 불암산
	110	제2경인선(인천대교)	1	인천대교
	130	인천국제공항선	2	신공항, 북인천
	153	평택시흥선	5	서시흥, 남안산, 송산마도, 조암, 장안
	171	용인서울선	3	서수지(본선, IC), 금토

- 총 이용차량은 영업소 출구대수를 기준으로 계수하고, 노선별 이용차량은 2개 이상 노선을 운행 시 운행노선별로 각각 1대씩 계수
- 노선별, 인터체인지간, 구간별 통행량은 이용자가 출발지에서 목적지까지 최단거리 노선을 이용하였다는 전제로 통행량 계수
- 교통통계정보에서는 영업현황(교통량, 통행료수입)과 교통량, 이용차량, 연도별·노선별 분석 자료를 제공함. 교통량 관련 상세 자료 현황은 다음과 같음
  - 영업현황(교통량): 노선별 교통량 현황, 차종별 일일 교통량 현황, 노선별 일일 교통량 현황
  - 교통량: 구간 월별·차종별 교통량, 구간 평일·주말·차종별 교통량, 폐쇄식 구간 기종점 교통량, 시간대별 교통량
  - 이용차량: 영업소별 이용차량(폐쇄식, 개방식), 공휴일 이용차량, 주행거리별 이용차량(주행거리별 총 이용차량, 폐쇄식 총 주행거리, 개방식 총 주행거리)
  - 연도별·노선별 분석자료: 연도별 교통량, 연도별 차종별 교통량, 주요국간 연도별·차종별 교통량
- 입구영업소별 총 주행거리(폐쇄식, 개방식)
  - 산정방법: 각 영업소에서 확인된 차량들의 입·출입 영업소간 교통량과 주행거리를 산정하여 평균 주행거리를 산출

## ② 한국건설기술연구원<sup>4)</sup>

- 한국건설기술연구원에서는 도로의 계획과 건설, 유지관리 및 도로행정에 필요한 기본 자료와 각종 연구에 필요한 기초자료를 제공하기 위하여, 고속국도, 일반국도, 국가지원지방도, 지방도의 교통량을 조사함. 또한 국토교통부가 한국건설기술연구원에 의뢰하여 매년 도로통계연보를 작성하여 배포함
- 이를 위해 매년 전국 도로교통량 조사를 수행하는데 이중 고속국도의 경우 고속국도 교통량 조사 위탁기관(한국도로공사)에서 매년 10월 셋째 주 목요일에 조사원에 의해 인력식으로 수행함. 고속국도의 경우에는 고속국도에 설치된 매설형 검지기에 의해 교통량을 상시조사하고 있기 때문에 이것으로 대체할 수도 있음
  - 고속국도의 수시조사는 매년 10월 3째주 목요일(07:00~익일 07:00)에 조사하며, AVC, VDS, TCS를 이용한 조사와 CCTV를 통한 인력식 조사를 병행함

4) 교통량정보제공시스템 홈페이지 제공(<http://www.road.re.kr/>)

- 고속국도의 상시조사는 AVC 장비를 사용하여 365일, 1일 24시간 동안 연속조사를 시행함
- 도로교통량조사 제공자료
  - 전체도로 현황: 차종별 현황, 연도별 현황, 도별 현황
  - 도로등급별 현황: 차종비율, 주야율, 주행거리, 교통량분포, 연도별 교통량, 연도별 주행거리, 연도별 교통량분포, 도별 현황, 노선별 현황
  - 등급별 서비스수준: 전체 현황, 구간 현황
  - 상시조사 교통량: 월 평균 전체 현황, 요일 평균 전체 현황, 주말/평일 평균 현황, 시간 평균 현황
  - 관련통계자료: 노선별 이용차량, 주행거리별 이용차량 등
- 한국도로공사의 비운영 연계 민자고속도로에 대해서는 일부 구간의 경우 한국건설기술연구원에서 해당 도로관리 기관에 요청하여 자료를 받아 수록하고 있음
  - 25호선 논산천안선 천안논산고속도로(주)/ 인력식 조사
  - 55호선 대구부산선 신대구부산고속도로(주)/ AVC+인력식 조사
  - 100호선 서울외곽순환선 서울고속도로(주)/ CCTV+인력식 조사
  - 110호선 제2경인선(인천대교) 인천대교(주)/ CCTV+인력식 조사
  - 130호선 인천국제공항선 신공항하이웨이(주)/ 루프검지기+CCTV조사
  - 153호선 평택시흥선선 제2서해안고속도로(주)/ AVC+인력식 조사
  - 171호선 용인서울선 경수고속도로(주)/ 인력식 조사

## 2) 일반국도

- 본 연구에서 포함하는 일반국도의 범위는 한국건설기술연구원에서 조사하는 일반국도 상시조사지점, 수시조사지점을 모두 포함하며, 국가교통정보센터의 교통량을 활용함

### ① 한국건설기술연구원

- 상시조사는 특정 지점에 교통량 조사 장비를 설치하여 1년 이상의 장기간에 걸쳐 이 지점을 통과하는 차량수를 한 시간 단위 이하로 측정하고 기록하는 것을 의미함. 상시조사 지점은 전국 일반국도를 대상으로 1개의 대구간에 대하여 1개의 상시조사 지점 설치를 원칙으로 함
- 일반국도의 수시조사는 고속국도와 국도, 국도와 국도가 만나 이루는 결정구간 및 교통량 변화구간과 국도와 주요 지방도의 교차를 통한 패턴 변화 지점에 대해 실시하며, 이 지점은 시

가지의 확산이나 지방도의 국도 승격, 일반국도 노선의 신설 등과 같은 요인을 고려하여 매년 점검한 후 결정하도록 함

## ② 국가교통정보센터

- 국가교통정보센터는 지방국도관리청, 한국도로공사, 지자체 ITS센터에서 교통정보를 수집하고 이를 통합·가공하여 교통정보제공서비스를 수행하고 있음
- 총 46개 기관의 실시간 교통정보를 연계하여 실시간 맞춤형 교통정보 서비스(도로상황, 돌발·사고정보, 통제·공사정보 등)를 제공함
- 수집한 소통정보는 주로 실시간 교통정보로 활용되고, 국가교통정보센터로 취합되며 재가공되어 배포됨
  - 홈페이지 OPEN API 제공정보
  - 노드별 링크정보 자료현황 (2014년 기준)은 다음과 같이 구성되어 있음

<표 4-3> 국가교통정보센터 자료구조

링크 아이디	시점 노드	시점 노드명	종점 노드	종점 노드명	도로 등급	도로 번호	도로명	연장(M)	정보 생성 기관
LINK_ID	F_NODE	NODE_NAME	T_NODE	NODE_NAME	ROAD_RANK	ROAD_NO	ROAD_NAME	len	organ

- 국가교통 정보센터의 일반국도에 대한 링크개수는 16,032개 이며, 연장현황은 6,953,153m임

<표 4-4> 국가교통정보센터 일반국도 링크 개수 및 연장 현황

구분	개수	연장(meter)
일반국도	16,032	6,953,153

주: <http://openapi.its.go.kr/api/openApi>

### 3) 지방도 및 국지도

- 본 연구에서 이용하는 지방도 및 국지도의 교통량은 한국건설기술연구원과 지자체 수시조사 교통량을 이용함

#### ① 한국건설기술연구원

- 지방도 수시조사의 경우에는 전국 도로 교통량 조사를 지방자치단체에서 매년 10월 셋째 주 목요일에 조사원에 의해 인력식으로 수행함
- 지방도와 국지도의 수시조사: 매년 10월 셋째 주 목요일(07:00 ~ 익일 07:00)에 조사

#### ② 국가교통정보센터

- 국가교통정보센터에서 제공하는 국지도와 지방도 링크개수는 각각 2,724개, 3,982개이며, 연장현황은 국지도 1,320,304m, 지방도 2,284,892m임

<표 4-5> 국가교통정보센터 제공 국지도 및 지방도 링크개수 및 연장 현황

구분	개수	연장(meter)
국가지원지방도	2,724	1,320,304
지방도	3,982	2,284,892

주: <http://openapi.its.go.kr/api/openApi>

### 나. 수집 교통량 DB

- 본 연구에서 적용한 교통량 조사지점은 한국건설기술연구원에서 제공하는 2013년 교통량 조사지점으로 한국도로공사 및 각 지자체에서 조사한 교통량을 취합한 지점으로 조사지점수 및 조사방법에 대한 상세내역은 다음과 같음
  - 고속국도의 조사지점은 총 509개이며, 일반국도는 상시조사지점 621개, 수시조사지점 977개로 총 1,598개의 조사지점이 존재함
  - 국지도의 경우 한국건설기술연구원에서 제공하는 지점 수는 총 341개이나, 본 연구에서는 울릉도 3개 지점을 제외하고 도로유형의 오류가 발생한 제주도의 5개 지점을 지방도 조사지점으로 처리함에 따라 333개의 조사지점으로 변경함

- 지방도의 경우 국지도에서 변경된 제주도의 5개 지점이 추가됨에 따라 기존 한국건설기술 연구원에서 제공하는 1,153개에서 1,158개의 지점으로 변경함

<표 4-6> 교통량 조사지점

구분	조사지점(지점)		내용	단위
고속국도	509		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 매년 10월 셋째 주 목요일 (07:00~익일 07:00)에 차종별, 방향별, 시간대별 교통량 조사</li> <li>- 교통량조사장비 (AVC)와 차량검지기 (VDS)를 이용한 조사와 인력식 조사를 병행</li> </ul>	연1회 24시간 교통량
일반국도	1,598		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 이동식 교통량 조사 장비를 사용하여 당해연도 3월부터 12월까지 한 지점에 대해 연 1회 이상 조사 (1회 차종조사 포함, 인력식)</li> </ul>	연1회 이상 지점당 24시간 교통량
	상시조사 621	수시조사 977		
국지도	333*		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 교통량조사장비 (AVC)를 사용하여 365일, 24시간 동안 조사</li> </ul>	365일, 24시간 교통량
지방도	1,158**		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 매년 10월 셋째 주 목요일 (07:00~익일 07:00) 조사원을 조사지점에 배치하여 차종별, 방향별, 시간대별 교통량을 조사함</li> <li>- 각 지자체에서 수집하여 제공</li> </ul>	연1회 24시간 교통량

주\*: 국지도의 경우 한국건설기술연구원 조사지점은 341개이나, 제주도 5개 지점, 울릉도 3개 지점은 분석시 제외

주\*\*: 지방도의 경우 기존 1,153개 조사지점이 존재했으나, 국지도에서 제외된 제주도 5개 지점을 추가하여 분석함




## 제2절 차량주행거리 산정을 위한 소구간 설정

### 1. 네트워크 DB 현황

#### 가. 혼잡지도 분석맵

- 본 연구에서는 ITS표준노드링크의 문제점을 보완한 혼잡지도 분석맵을 사용함. ITS표준노드 링크는 교차로, 속성변환지점, 행정경계 등으로 링크가 상세하게 분할되어 있어 소구간 설정이 어렵다는 분석의 한계가 존재함. 따라서 상세히 분할된 ITS 표준노드링크를 동일구간을 기준으로 병합 및 관리할 수 있도록 본 센터에서 구축한 혼잡지도 분석맵을 사용함
- 혼잡지도 분석맵은 다음과 같은 기준을 적용하여 구축함
  - 혼잡지도 분석맵은 ITS표준노드링크의 도로등급, 도로유형, 연결로 코드 등을 동일하게 적용하여 구축
  - 고속도로, 도시고속국도, 국가지원지방도, 지방도는 연결성이 없는 일부 도로를 제외하고는 모두 혼잡지도 분석맵으로 구축하였으며, 특별·광역시도와 시·군도로는 주요도로의 흐름 및 연결성 등을 고려하여 혼잡지도 분석맵을 구축
  - 혼잡지도 분석맵의 링크 병합기준은 주요교차로와 주요교차로 사이, 또는 주요교차로와 서로 다른 도로등급의 교차로 사이의 링크를 병합
- 혼잡지도 분석맵 현황

<표 4-7> 혼잡지도 분석맵 링크현황

도로유형	표준노드링크 링크수	혼잡지도 분석맵 링크수	
고속국도	6,296	5,569	
일반국도	44,665	12,679	
국지도	9,963	2,790	
지방도	31,231	6,364	

## 나. 기타 네트워크

- 기타 네트워크 DB로는 국가교통정보센터에서 제공하는 ITS표준노드링크와 국가교통DB센터(KTDB)에서 제공하는 주제도, 분석용 네트워크가 존재하며, 각 네트워크 DB의 개요는 다음과 같음

### 1) ITS표준노드링크

- 배포기관: 국가교통정보센터(<http://nodelink.its.go.kr/data/data01.aspx>)
- 기준연도: 2013년 (2013.11.29)(최신:2014.9.10)

### 2) 주제도

- 배포기관: 국가교통DB센터 KTDB (<http://www.ktdb.go.kr>)
- 기준연도: 2012년
- 링크속성은 다음과 같이 양방향 시종점 노드, 차로수, 도로명칭, 도로번호, 갓길유무 등 다양한 속성을 지닌 것을 알 수 있음

<표 4-8> 주제도 링크속성

속성 ID	속성명	속성 ID	속성명
SHAPE_ID	그래픽 고유 ID	UP_SHOULDERLANE	상행갓길유무
LINK_ID	링크 ID	DOWN_SHOULDERLANE	하행갓길유무
UP_FROM_NODE	상행시작노드	UP_BUSLANE	상행버스전용차로유무
UP_TO_NODE	상행종료노드	DOWN_BUSLANE	하행버스전용차로유무
DOWN_FROM_NODE	하행시작노드	PAVEMENT	도로포장유무
DOWN_TO_NODE	하행종료노드	SEPARATEDMEDIAN	중앙분리대유무
UP_LANES	상행차로수	RODAFAC_TYPE	도로부속시설유형
DOWN_LANES	하행차로수	ROADFAC_NAME	도로부속시설물명칭
LANES	전체차로수	TOLL	통행료징수여부
REVERSIBLELANE	가변차로수	OVERRODA_CNT	중용도로수
UP_MAXSPEED	상행최고속도	RESTRICT_V도	통행제한차량유형
DOWN_MAXSPEED	하행최고속도	RESTRICT_WEIGHT	통과제한하중
ROAD_NAME	도로명칭	RESTRICT_HEIGHT	통과제한높이
ROADNAE_ALIAS	도로명칭 새주소	DISTRICT_ID	행정구역ID
ONEWAY	일방통행유무	NETWORK_LEVEL	교통망레벨
ROAD_NO	도로번호	LENGTH	길이
ROAD_RANK	도로등급	RAMP	연결접속부유무
ROAD_ADMIN	도로관리기관	UPLINK_ID	상위레벨링크ID
AUTOEXCLUSIVE	자동차전용도로유무	LINK_ID_OLD	변경전 LINK_ID
UP_CLIMBINGLANE	상행오르막차선유무	CROSS_PASS	교행여부
DOWN_CLIMBINGLANE	하행오르막차선유무		

## 3) 분석용 네트워크

- 배포기관: 국가교통DB센터 KTDB (<http://www.ktdb.go.kr>)
- 기준연도: 2013년(2012년까지 배포)
- 링크속성은 다음과 같이 연장, 방향, 차로 수, 도로 등급 등을 나타내는 것을 알 수 있음

&lt;표 4-9&gt; 분석용 네트워크 링크속성

구분	내용
ID	아이디
LENGTH(A/B)	연장
DIR(A/B)	방향
LANES(A/B)	차로수
TYPE(A/B)	도로등급
VDF(A/B)	VDF
USER1(A/B)	초기속도(VDF에 입력되는 속도)
USER2(A/B)	용량
FROM_ID/TO_ID	FROM NODE ID/ TO NODE ID

## 2. 소구간 설정방법

### 가. 소구간 설정기준

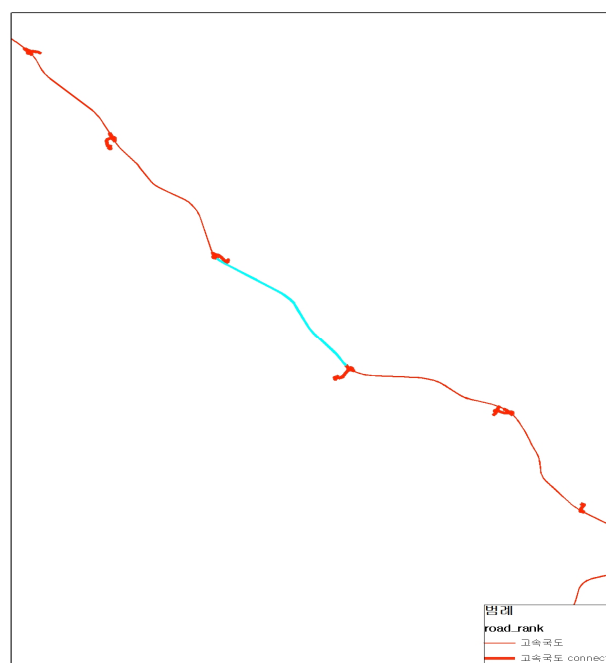
- 고속국도의 소구간은 IC~IC(JCT포함) 간 구간으로 설정함
- 일반국도, 국지도, 지방도의 경우 각각 교차하는 구간을 소구간으로 설정함

<표 4-10> 소구간 설정기준

도로유형	소구간 설정기준			
고속국도	IC-IC (JCT) 간			
일반국도	고속국도	일반국도 (다른번호)	국지도	지방도
국지도	고속국도	일반국도	국지도 (다른번호)	지방도
지방도	고속국도	일반국도	국지도	지방도 (다른번호)

### 나. 고속국도

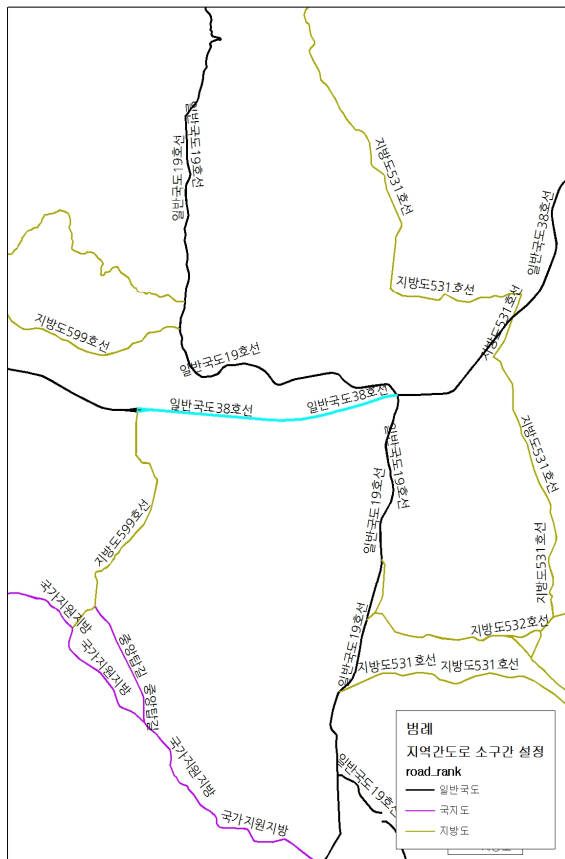
- 고속국도의 경우 각 connect를 기준으로 IC-IC간(혹은 JCT) 구간을 소구간으로 설정함



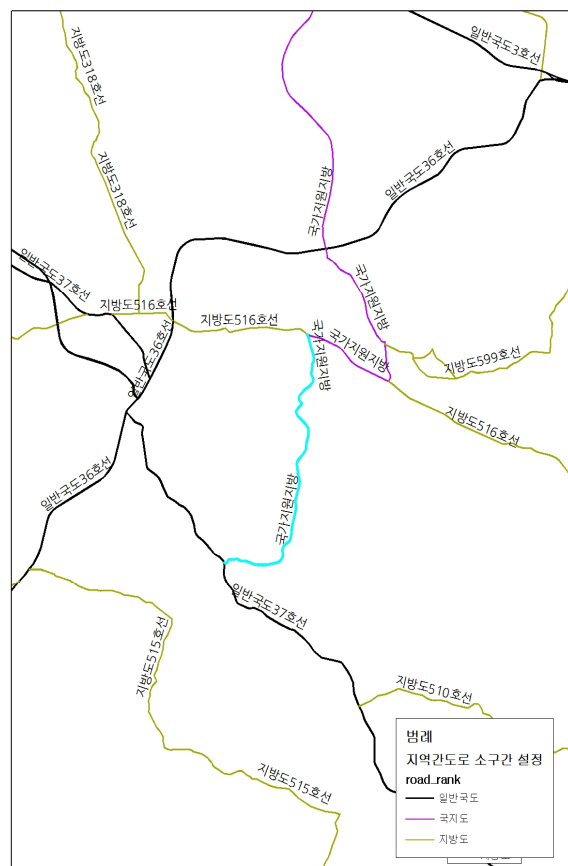
<그림 4-1> 고속국도 소구간 설정 적용 예시

#### 다. 일반국도, 지방도, 국지도

- 일반국도, 지방도, 국지도간 교차점 파악
  - 동일 도로유형은 다른 도로번호와 교차하는 경우
  - 다른 도로유형은 도로유형별로 교차하는 경우
- 동일도로유형과 동일도로번호의 속성을 지닐 경우 교차점 설정에서 제외
- 교차점 설정결과를 기준으로 소구간 설정작업 수행
- 일반국도와 지방도, 국지도의 소구간 설정 결과예시는 다음 그림과 같음
  - 각 도로유형별로 도로색을 상이하게 표시하였으며, 하늘색으로 표시된 부분이 소구간 설정의 예시임



<그림 4-2> 동일 도로유형의 다른 도로번호와 교차하는 소구간



<그림 4-3> 다른 도로유형과 교차하는 소구간

### 3. 소구간 설정 결과

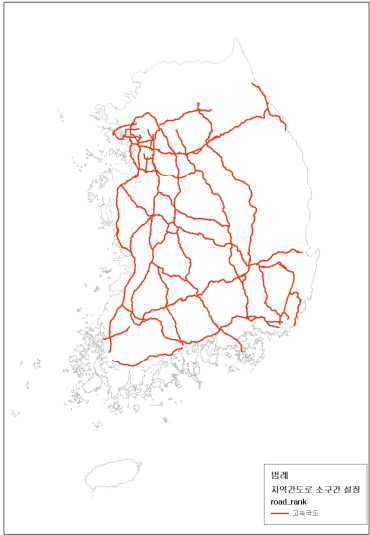
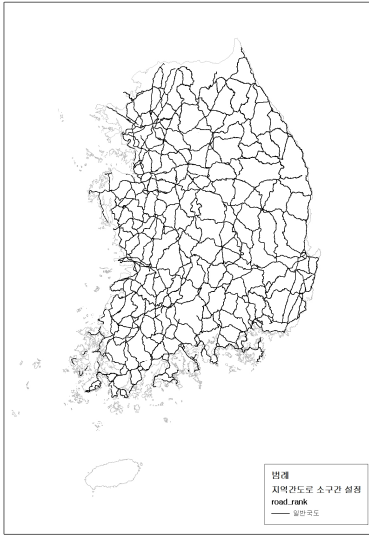
- 혼잡지도 분석맵의 고속국도, 일반국도, 국지도, 지방도에 대해 소구간 작업을 수행
  - 소구간 작업 시 실제 도로현황과 혼잡지도 분석맵의 링크현황이 다른 경우 도로유형의 변경 혹은 부재링크에 대한 추가작업을 수행하여 기존 혼잡지도 분석맵의 링크개수와 본 연구에서 보완한 혼잡지도 분석맵의 링크개수는 상이함
- 소구간 설정결과
  - 각 도로유형별 소구간 개수는 다음과 같음. 고속국도의 경우 487개, 일반국도 2,459개, 국지도 656개, 지방도 1,882개임

<표 4-11> 도로유형별 소구간 개수

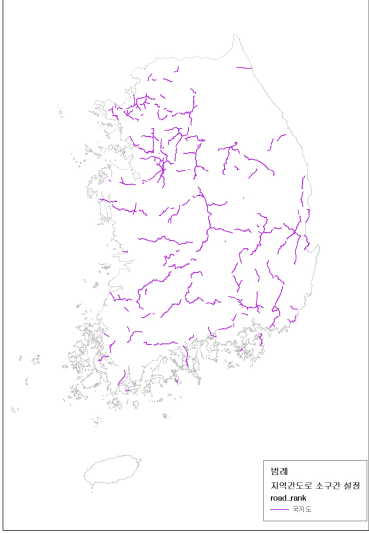
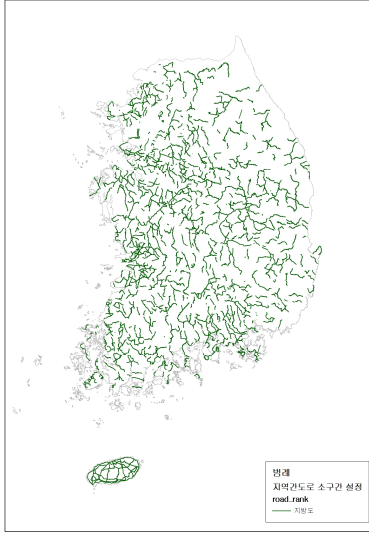
도로유형	소구간 개수	링크개수
고속국도	487	5,569
일반국도	2,459	12,458
국지도	656	2,713
지방도	1,882	6,698

- 소구간 설정결과에 대한 링크 현황은 다음과 같음, 혼잡지도 분석맵에 존재하는 모든 고속국도, 일반국도, 국지도, 지방도에 대하여 소구간 설정을 100% 완료함

<표 4-12> 소구간 설정결과

고속국도	일반국도
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 소구간 작업 링크 비율: 100% (5,569링크)</li> <li>- 소구간 개수: 484개</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 소구간 작업 링크 비율: 100% (12,458링크)</li> <li>- 소구간 개수: 2,459개</li> </ul>

&lt;표 계속&gt;

국지도	지방도
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 소구간 작업 링크 비율: 100% (2,713링크)</li> <li>- 소구간 개수: 656개</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 소구간 작업 링크 비율: 100% (6,698링크)</li> <li>- 소구간 개수: 1,882개</li> </ul>

#### 4. 소구간과 수집교통량 매칭

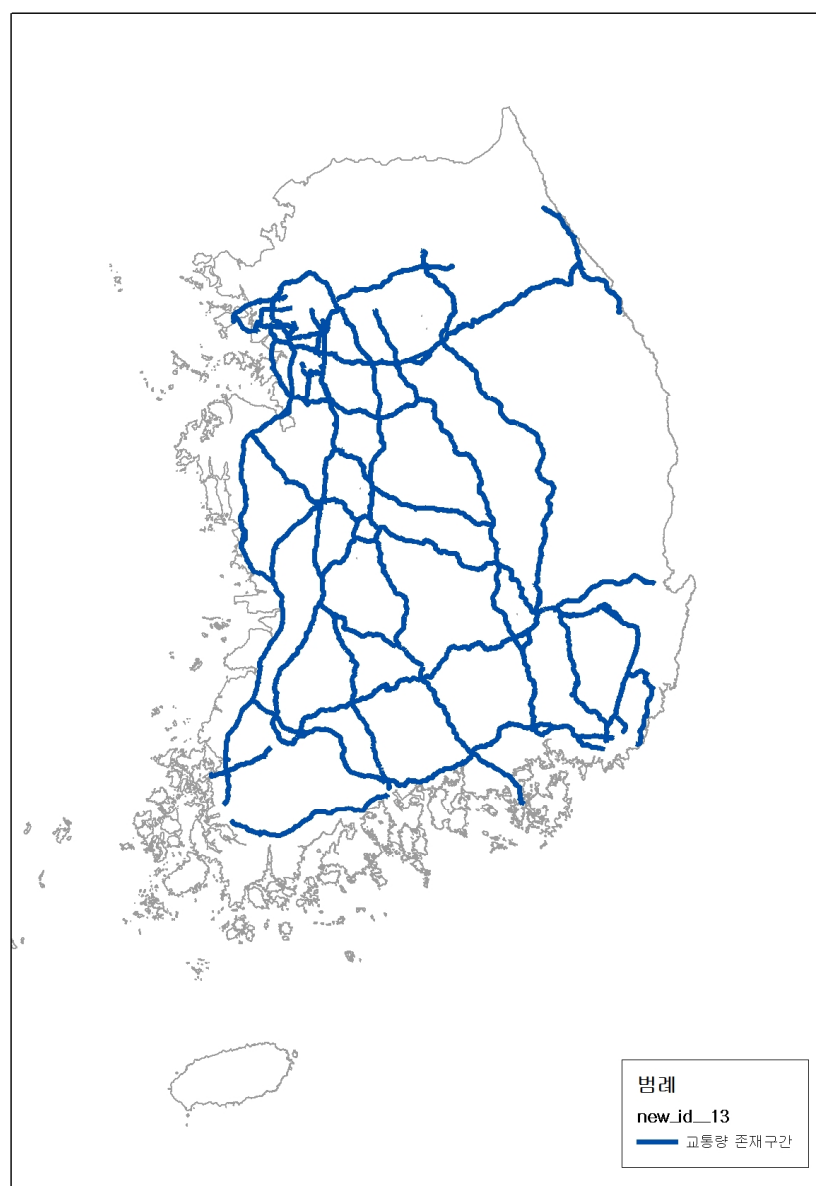
##### 가. 소구간과 수집교통량 매칭

- 혼잡지도 분석맵의 소구간과 한국건설기술연구원의 수집교통량 검지기간의 매칭을 위하여 Arc GIS의 공간결합(Spatial Join) 작업을 수행함
- 모든 수집교통량 검지기를 기준으로 매칭되는 소구간을 지정해줌에 따라 고속국도 509개 지점, 일반국도 1,598개 지점, 국지도 333개 지점, 지방도 1,158개 지점에 대하여 소구간이 매칭됨

##### 나. 교통량 부재구간에 대한 교통량 이용 (HPMS방법론 적용)

- 소구간 설정 결과, 수집교통량 검지기 개수보다 많은 소구간이 생성되었음을 확인 할 수 있음. 따라서 소구간과 수집교통량 검지기를 각각 매칭 할 경우 검지기와 매칭되지 않는 교통량 부재구간이 발생함. 본 연구에서는 교통량 부재구간에 대해 HPMS 방법론을 활용하여 교통량을 적용하였음
- 일반국도: 교통량 부재구간과 동일한 도로번호의 검지기 중 가장 가까운 검지기와 매칭

- 국지도, 지방도: 해당 도로등급의 경우 도로특성상 혼잡지도 분석맵 상에서 도로유형이 확연하게 구분되지 않고 혼재되어 있는 것으로 확인됨. 따라서 국지도와 지방도의 교통량 부재구간은 국지도, 지방도 구분 없이 거리상 가장 가까운 검지기를 적용함
- 고속국도
  - 고속국도의 경우 모든 검지기가 소구간에 존재하는 것으로 파악되며, 교통량 부재구간은 없음

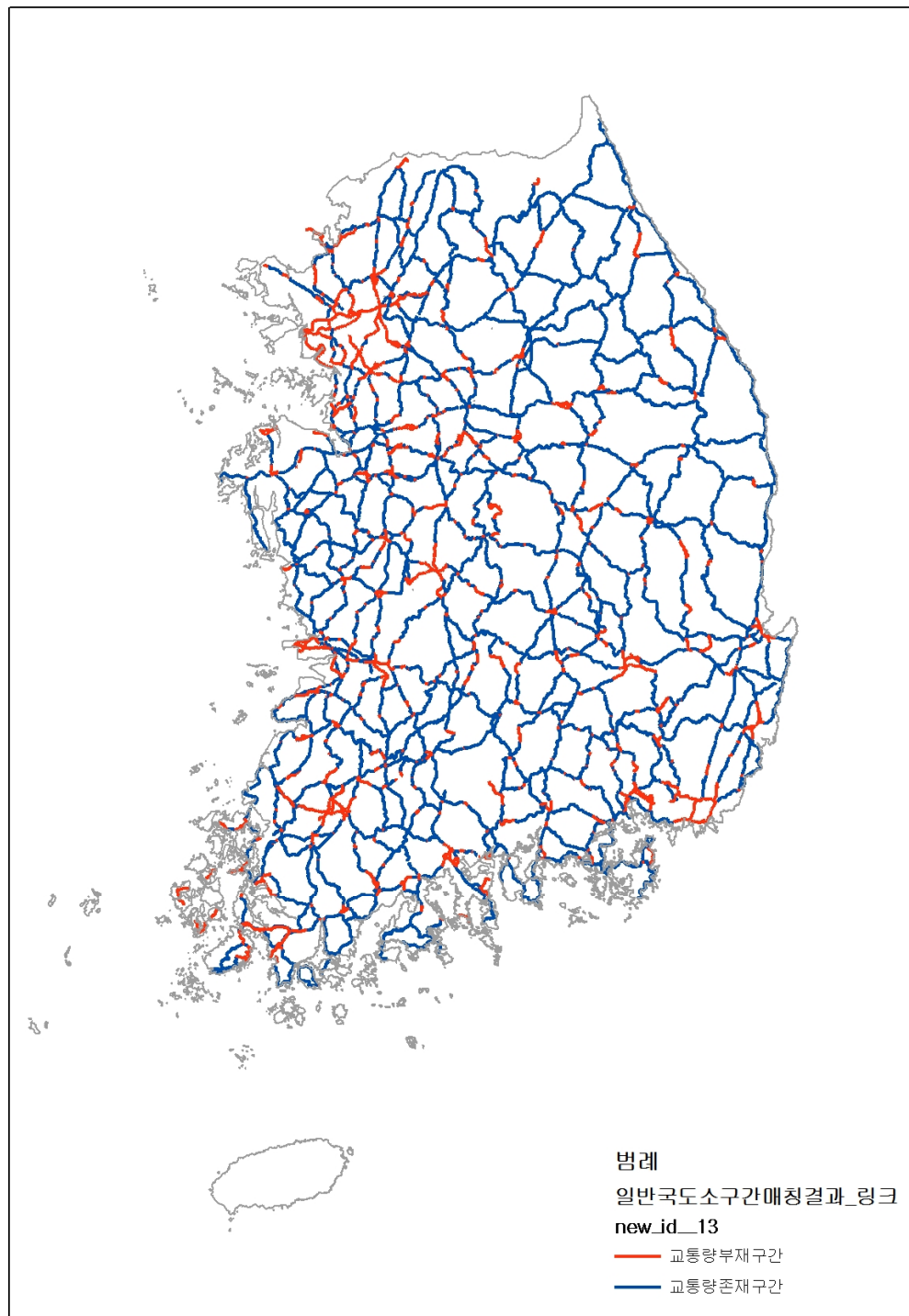


<그림 4-4> 고속국도 소구간과 교통량 검지기 매칭결과



○ 일반국도

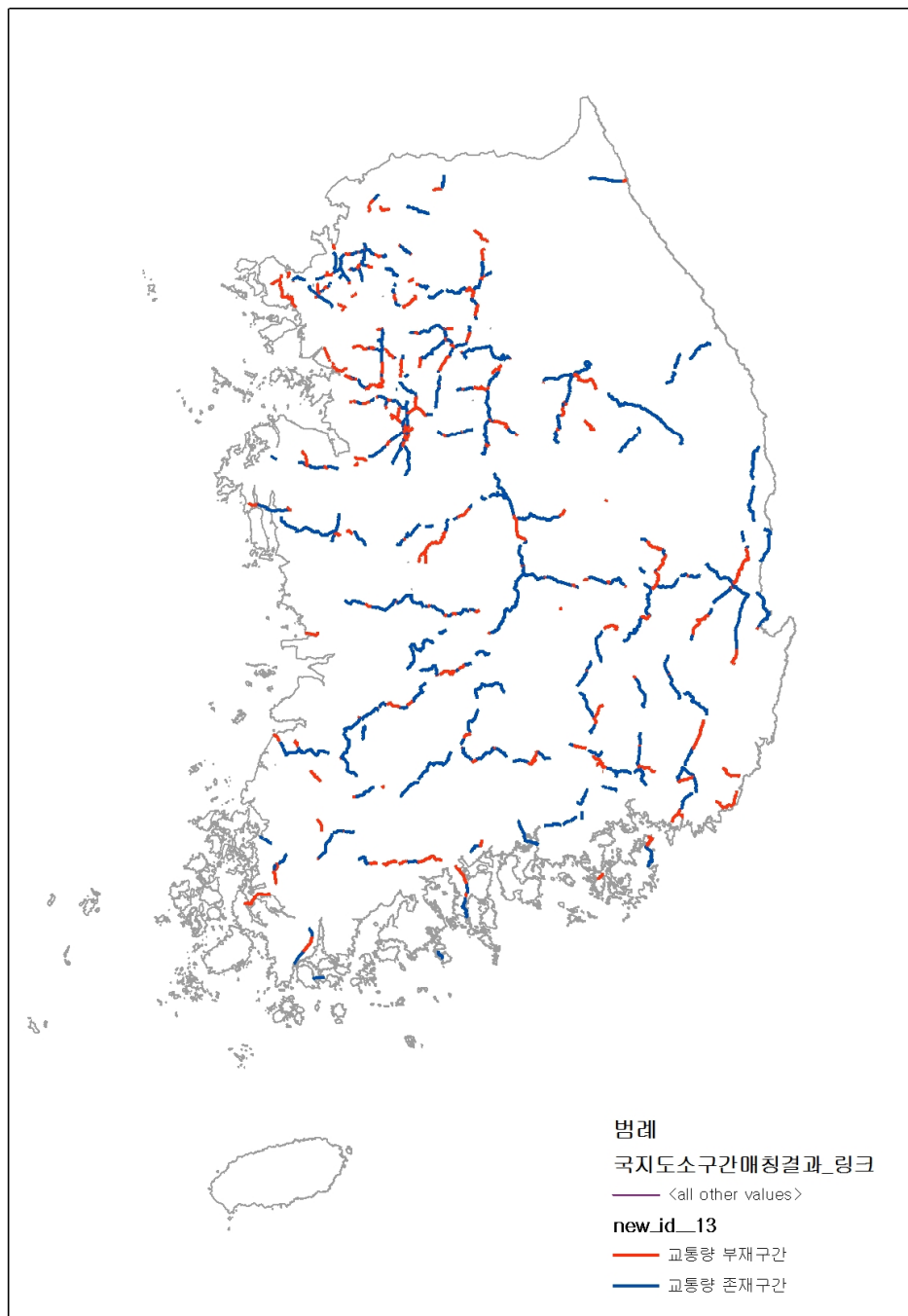
- 일반국도의 교통량 존재구간과 교통량 부재구간 표출결과는 아래와 같음



<그림 4-5> 일반국도 소구간과 교통량 검지기 매칭결과

○ 국지도

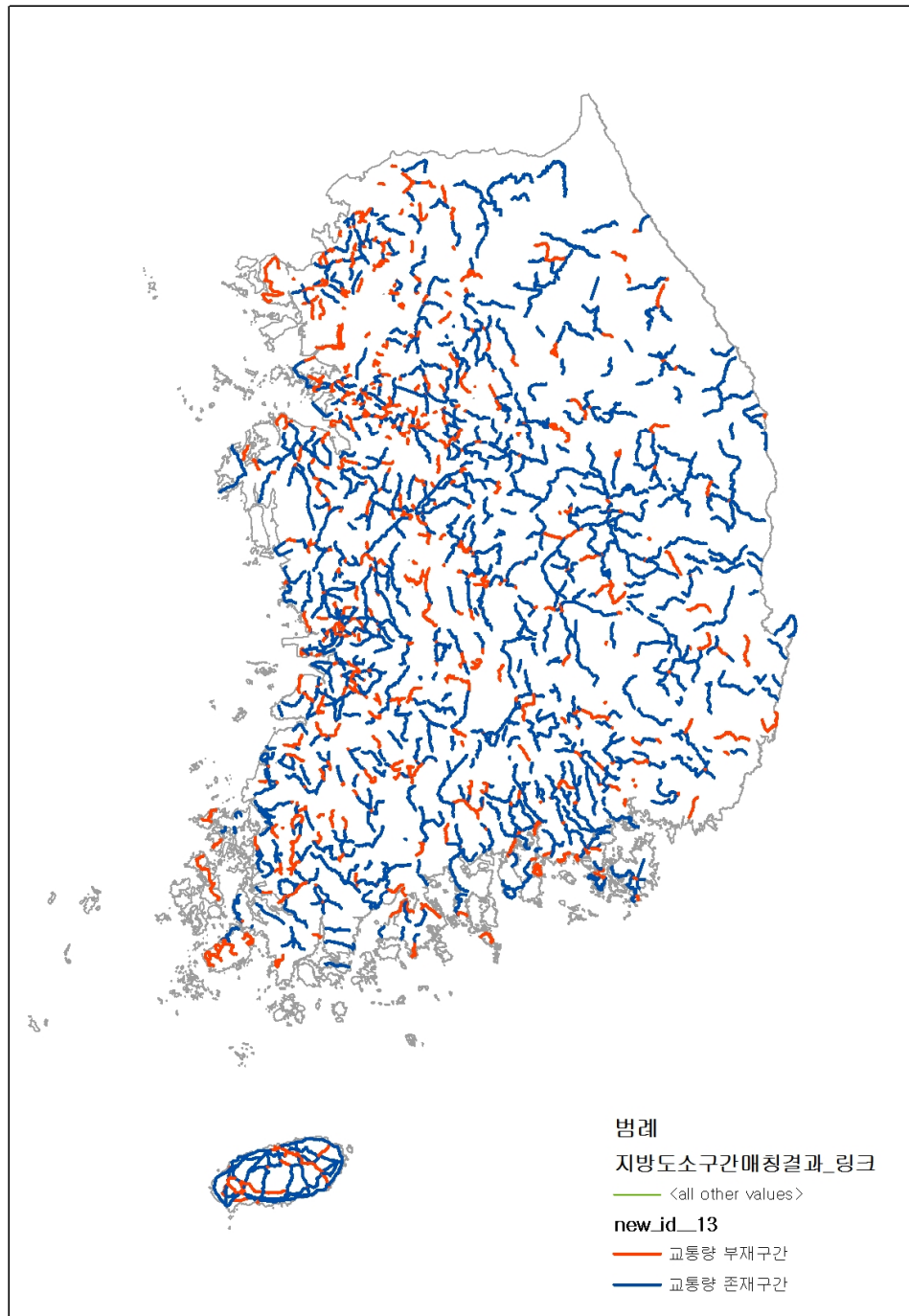
- 국지도의 교통량 존재구간과 교통량 부재구간 표출결과는 아래와 같음



<그림 4-6> 국지도 소구간과 교통량 검지기 매칭결과

○ 지방도

- 지방도의 교통량 존재구간과 교통량 부재구간 표출결과는 아래와 같음



<그림 4-7> 지방도 소구간과 교통량 검지기 매칭결과

### 제3절 차량주행거리 산정방안

#### 1. 지역간 도로 차량주행거리 산정방법론

- 본 연구에서 차량주행거리를 산정하는 지역간 도로는 고속국도, 일반국도, 지방도 및 국지도이며, 해당 도로들은 각 도로유형별 교통량과 소구간 연장을 활용하여 차량주행거리를 산정할 수 있음

$$VKT(km \cdot \text{대}) = \text{소구간 연장}(km) \times \text{해당 소구간 검지기의 교통량}(대/일)$$

- 고속국도의 차량주행거리는 소구간인 IC-IC(JCT)사이의 교통량과 해당 소구간 연장의 곱으로 산정함
- 일반국도와 국지도, 지방도의 차량주행거리는 일반국도 소구간의 교통량과 해당 소구간 연장의 곱으로 산정함
- 교통량 부재구간의 경우 HPMS 방법론을 적용하며, 일반국도는 동일한 도로번호이면서 가장 가까운 검지기의 교통량을 적용하고, 국지도와 지방도는 가장 가까운 검지기의 교통량을 적용함

## 제4절 지역간 도로의 차량주행거리

- 지역간 도로의 차량주행거리는 총 차량주행거리, 도로유형별 차량주행거리, 지역별 차량주행거리, 차종별 차량주행거리, 지역별 도로유형별 차량주행거리, 지역별 차종별 차량주행거리, 도로유형별 차량주행거리를 산출함

<표 4-13> 지역간 도로의 차량주행거리 산출물

구분	차량주행거리 산출물			
도로유형별	고속국도	일반국도	국지도	지방도
지역별	17개 시도			
차종별	3종, 5종			

### 1. 총 차량주행거리

- 총 차량주행거리
  - 총 차량주행거리는 고속국도, 일반국도, 국지도, 지방도의 지역이나 차종 구분 없이 전국의 지역간 도로에 대한 차량주행거리를 산출함
- 총 차량주행거리 산정결과: 482,643,007km·대
  - 고속국도, 일반국도, 국지도, 지방도의 교통량과 연장을 활용하여 산출한 지역간 도로의 총 차량주행거리의 합계는 482,643,007km·대로 산출되었음

### 2. 도로유형별 차량주행거리

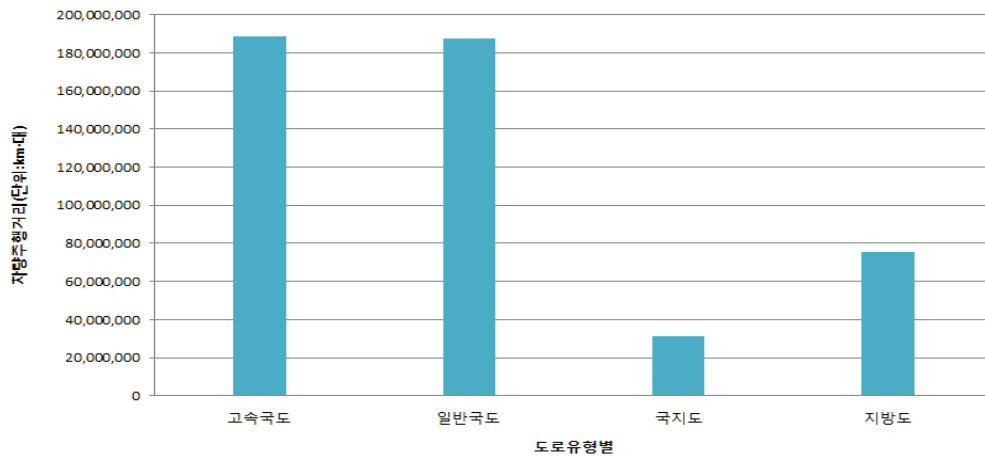
- 도로유형별 차량주행거리
  - 도로유형별 차량주행거리 산출결과 고속국도의 차량주행거리가 가장 긴 것으로 나타났으며, 일반국도, 지방도, 국지도 순으로 확인됨. 이는 고속국도의 총 연장은 전체 도로유형 중 두 번째로 짧지만 고속국도 이용 교통량이 많기 때문으로 파악됨. 지방도의 경우 도로연장은 길지만 이용 교통량이 적기 때문에 차량주행거리 값이 짧은 것으로 판단됨

- 본 연구 결과는 교통량 조사지점과 매칭된 소구간 뿐만 아니라 교통량 부재구간의 소구간에 대해 HPMS 방법론을 적용하여, 교통량 부재구간 없이 전체 연장에 대한 차량주행거리를 산정하였음

<표 4-14> 도로유형별 차량주행거리

(단위: km·대)

도로유형	차량주행거리
고속국도	188,637,993
일반국도	187,353,096
국지도	30,992,224
지방도	75,659,694
합계	482,643,007



<그림 4-8> 도로유형별 차량주행거리

- 본 연구에서 사용한 혼잡지도 분석맵의 도로유형별 연장은 다음과 같음

<표 4-15> 도로유형별 총 연장

(단위: km)

구분	혼잡지도 분석맵 연장
고속국도	4,158
일반국도	14,475
지방도(계)	16,606
국지도	3,379
지방도	13,227
합계	36,319

### 3. 지역별 차량주행거리

#### 가. 17개 시도구분

##### ○ 17개 시도

- 서울특별시, 경기도, 인천광역시, 부산광역시, 대구광역시, 대전광역시, 울산광역시, 광주광역시, 세종특별자치시, 경상북도, 경상남도, 전라북도, 전라남도, 충청북도, 충청남도, 강원도, 제주특별자치도

#### 나. 지역별 차량주행거리

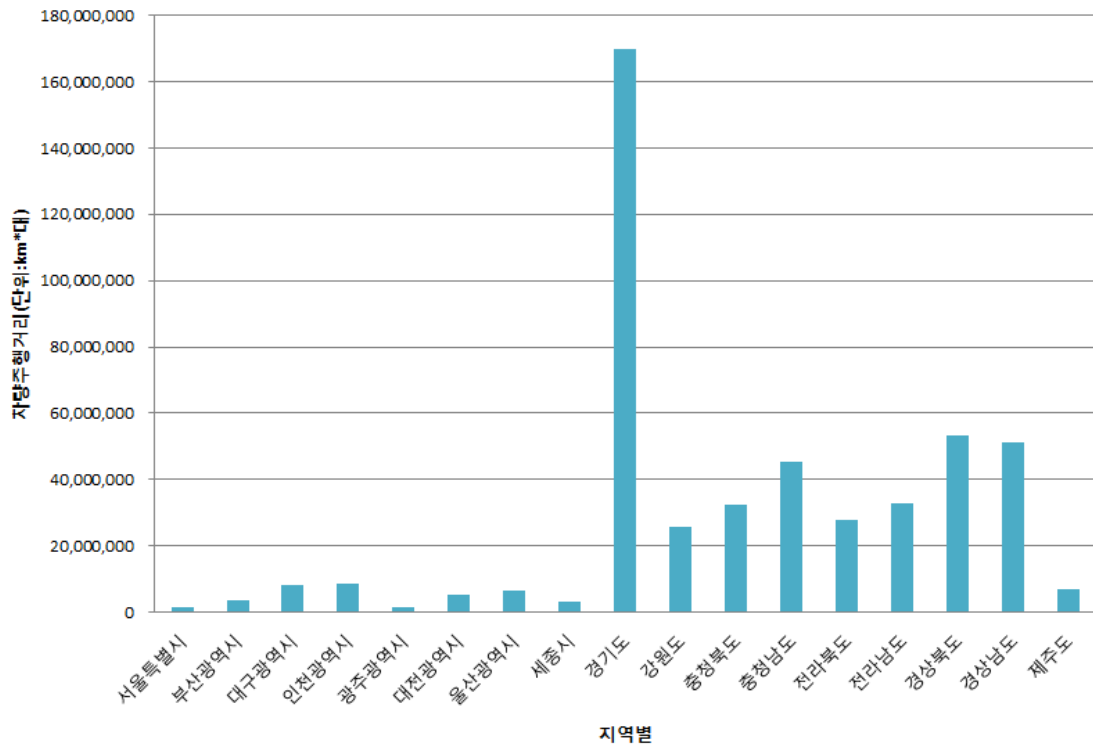
##### ○ 지역별 차량주행거리

- 지역별 차량주행거리 산출결과 경기도의 차량주행거리가 169,927,634km·대로 가장 길며, 서울특별시와 광주광역시는 고속국도 외의 도로에 대한 차량주행거리 값이 존재하지 않는 것으로 확인됨
- 6대 광역시의 경우 지역간 통행보다 도심내 통행량이 많고, 특별·광역시도 및 시군도 등의 비중이 높아 지역간 도로의 차량주행거리는 다른 지역에 비해 짧은 것으로 나타남

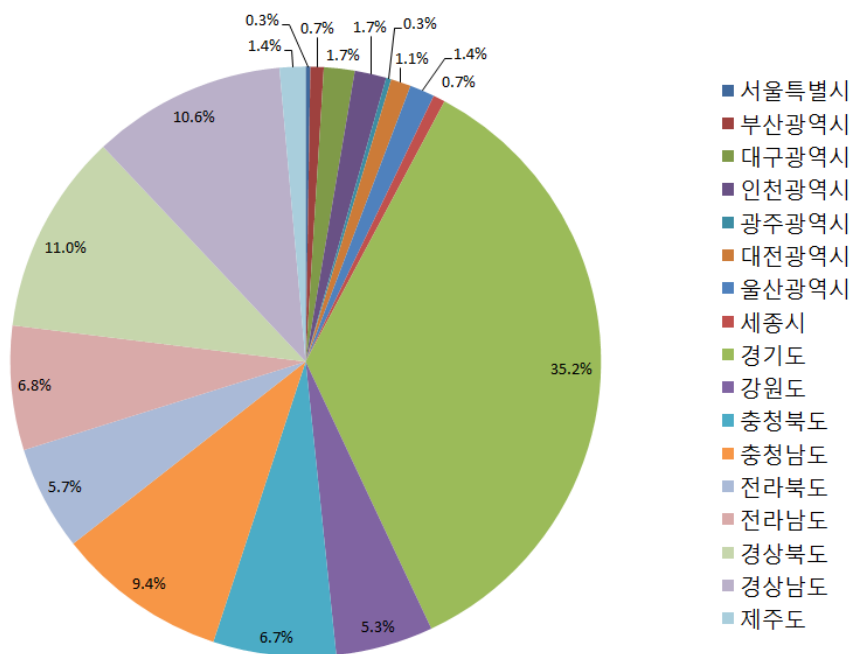
<표 4-16> 지역별 차량주행거리

(단위: km·대)

지역별	차량주행거리 (비율:%)		지역별	차량주행거리	
전국	482,643,007	100.0%	경기도	169,927,634	35.2%
서울특별시	1,233,959	0.3%	강원도	25,777,845	5.3%
부산광역시	3,526,766	0.7%	충청북도	32,427,765	6.7%
대구광역시	8,125,165	1.7%	충청남도	45,157,340	9.4%
인천광역시	8,347,589	1.7%	전라북도	27,672,808	5.7%
광주광역시	1,359,605	0.3%	전라남도	32,870,213	6.8%
대전광역시	5,304,309	1.1%	경상북도	53,187,600	11.0%
울산광역시	6,570,577	1.4%	경상남도	51,172,369	10.6%
세종특별자치시	3,152,210	0.7%	제주특별자치도	6,829,252	1.4%



<그림 4-9> 지역별 차량주행거리



<그림 4-10> 지역별 차량주행거리 비율



#### 4. 차종별 차량주행거리

##### 가. 국내 차종구분 현황

- 국내 차종구분은 타당성조사지침에 따른 구분과 이를 활용한 교통수요예측부문에 5종 구분, 한국건설기술연구원에서 조사하며 도로포장부분에 활용되는 12종 구분, 한국도로공사 고속도로 요금 기준에 따른 5종 구분으로 분류할 수 있음

##### 1) 타당성조사지침 및 KTDB O/D 차종구분기준(5종)

- 타당성조사지침의 경우 교통수요예측에 있어서 크게 승용차, 버스, 화물(소형, 중형, 대형)으로 차종을 구분하며, KTDB에서 배포하는 O/D자료의 경우 승용차, 버스, 화물(소형, 중형, 대형)로 분류되어 있음

<표 4-17> 타당성조사지침 및 KTDB 5종 차종분류 기준

5종 구분	상세구분	차량 예시	
일반승용차	일반승용차(7인승 이하)		마티즈, 쏘나타, 그랜저, 엑티언 무쏘스포츠, 다마스 등
	택시		-
	승합차(8~15인승 이하)		그레이스, 스타렉스, 카니발, 카렌스 등
버스(16인승이상)	중형(16~35인승 이하)		콤비, 마을버스 등
	대형(36인승 이상)		시내·관광버스, 우등·일반고속 등
소형화물차 (적재량2.5톤미만)	소형(2.5톤 미만)		포터, 타이탄 등
중형화물차 (적재량2.5톤이상~8.5톤이하)	중형(2.5~8.5톤 이하)		마이티, 프론티어 등
대형화물차 (적재량8.5톤 초과 및 컨테이너 및 트레일러)	대형(8.5톤 초과)		덤프트럭 포함 3축 이상 차량
	특수차		화물 수송용 컨테이너, 트레일러


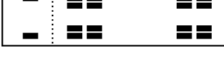
## 2) 한국건설기술연구원 교통량 조사 및 도로포장설계 부문 차종구분기준(12종)

- 한국건설기술연구원 차종구분은 상시조사지점 교통량조사와 한국형 도로포장설계법 적용을 위한 12종 구분을 적용함
- 12종 차종분류에 대한 상세기준 및 차축배열, 차종 정의 및 해당 차종에 대한 차량의 예는 다음과 같음

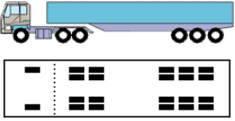
&lt;표 4-18&gt; 한국건설기술연구원 12종 차종분류 상세내역

종별	분류기준		대표적 차체 및 차축 배열	차종 정의	해당 차량의 예
1	축수	2		16인승 미만의 여객 수송용 차량, 미니 트럭 등 2축 1단위 차량	클릭, 베르나, 아반떼, 투스카니, 그랜저, 에쿠스, 모닝, 프라이드, 세라토, 로체, 오피러스, 토스카, 원스톱, 레조, 라세티, 쏘나타, 칼로스, 마티즈, 체어맨, 쏘나타, 프라이드, 갤로퍼, 라비타, 트라제, 싼타페, 테라칸, 스타렉스, 카렌스, 카니발, 스포티지, 쏘렌토, 렉스턴, 카이런, 액티언, 로디우스, 스포티지, 봉고, 프레지오, 그레이스, 그레이스, 라보, 다마스, 타우너, 무쏘 스포츠 등
	단위	1			
2	축수	2		16인승 이상의 여객 수송용 버스 형식으로 2축 1단위 차량	그랜버드, 뉴콤비, 에어로 고속, 에어로 버스, 도시형 버스, 직행 버스, 관광 버스, 좌석 버스, 로얄 버스, 슈퍼 버스, 코스모스, 시외 버스, 전세 버스 등
	단위	1			
3	축수	2		화물 수송용 트럭으로 2축의 최대 적재량 1~2.5톤 미만의 1단위 차량	봉고, 포터, 세레스 등 2.5톤 이하 트럭, 2.5톤 미만 내장탑, 2.5톤 미만 냉동탑등
	단위	1			
4	축수	2		화물 수송용 트럭으로 2축의 최대적재량 2.5톤 이상의 1단위 차량	타이탄, 복사(起), 트레이드, 2.5~5톤 트럭, 트랙터, 8~8.5톤 카고, 8톤 냉동차, 8.5톤, 8~8.5톤 덤프, 8톤 진개차, 5톤 렉카, 진개차, 라이노, 4.5톤 내장탑, 4.5톤 냉동탑, 사료 운반차
	단위	1			

&lt;표 계속&gt;

종별	분 류 기 준		대표적 차체 및 차축 배열	차종 정의	해당 차량의 예
5	축수	3		화물 수송용 트럭으로 3축 1단위 차량	믹서, 15톤 덤프, 트랙터, 붐믹서, 5.4톤 트랙터, 9.5~10톤 카고, 16KL 탱크로리, 11톤 냉동차, 11.5톤 암롤, 11~12톤 카고, LPG 탱크, 냉동 6×4, 11톤~12톤 카고 트럭, 베스트 믹서, LPG 탱크로리, B.C. 트럭, 진개차, 대형 콘크리트 펌프, 탱크로리 등
	단위	1			
6	축수	4		화물 수송용 트럭 형식으로 4축 1단위 차량	탱크로리 21KL(現), 덤프 트럭 8/4(現) 등
	단위	1			
7	축수	5		화물 수송용 트럭 형식으로 5축 1단위 차량	탱크로리, 덤프 트럭, 카고트럭 등
	단위	1			
8	축수	4		화물 수송용 세미 트레일러 형식으로 4축 2단위(견인차, 피견인차) 차량	평판 세미 트레일러, 탱크로리 트레일러 등
	단위	2			
9	축수	4		화물 수송용 풀 트레일러 형식으로 4축 2단위(견인차, 피견인차) 차량	카고 풀 트레일러 등
	단위	2			
10	축수	5		화물 수송용 세미 트레일러 형식으로 5축 2단위(견인차, 피견인차) 차량	평판 세미 트레일러 등
	단위	2			
11	축수	5		화물 수송용 풀 트레일러 형식으로 5축 2단위(견인차, 피견인차) 차량	카고 풀 트레일러 등
	단위	2			

## &lt;표 계속&gt;

종별	분 류 기 준		대표적 차체 및 차축 배열	차종 정의	해당 차량의 예
12	축수	6		화물 수송용 세미 트레일러 형식으로 6축이상 2단위 (견인차, 피견인차) 차량	평판 세미 트레일러 등
	단위	2			

주) 국토해양부(2008), 12종 교통량조사 차종분류가이드

※ 차종분류시 화물차량 중, 차량 형식 변경으로 인한 가변축 차량은 지면에 닿은 축수로 차종을 결정함

## 3) 한국도로공사 및 고속도로 요금징수 차종구분기준(5종)

- 한국도로공사의 경우 고속도로 요금징수를 위하여 차종을 구분하며 1종에서 5종으로 구분되며, 상세한 차종분류기준과 적용차량의 예시는 다음과 같음

## &lt;표 4-19&gt; 한국도로공사 5종 차종분류기준

구분 차종		분 류 기 준	해당차량 사례(참고사항)
1종 (소형차)		2축 차량, 윤폭 279.4mm 이하	승용차, 16인승 이하 승합차 2.5톤 미만 화물차
2종 (중형차)		2축 차량, 윤폭 279.4mm초과, 윤거 1,800mm이하	17인승 ~ 32인승 승합차 2.5톤 ~ 5.5톤 화물차
대 형 차	3종	2축 차량, 윤폭 279.4mm초과, 윤거 1,800mm초과	33인승 이상 승합차 5.5톤 초과 10톤 미만 화물차
	4종	3축 차량	10톤 이상 20톤 미만 화물차
	5종	4축 이상 차량	20톤 이상 화물차

주1: 축수: 차량 바퀴축의 수, 윤폭: 타이어 접지면의 폭, 윤거: 좌우 타이어의 접지면 중심간 수평거리

주2: 차종은 차로설비에 의해 축수, 윤거, 윤폭 기준에 의하여 기계적으로 분류되며, 상기 '해당차량 사례'는 차종분류를 위한 참고사항으로 실제적용은 차량제원에 따라 달라질 수 있음

#### 나. 본 연구 적용 차종구분 내역

- 본 연구에서는 한국건설기술연구원의 교통량 자료를 기반으로 분석을 수행함에 따라 차종구분은 한국건설기술연구원에서 제공하는 12종 차종구분을 기반으로 3종 구분과 5종 구분으로 분류하여 분석함

<표 4-20> 본 연구 적용 차종분류기준

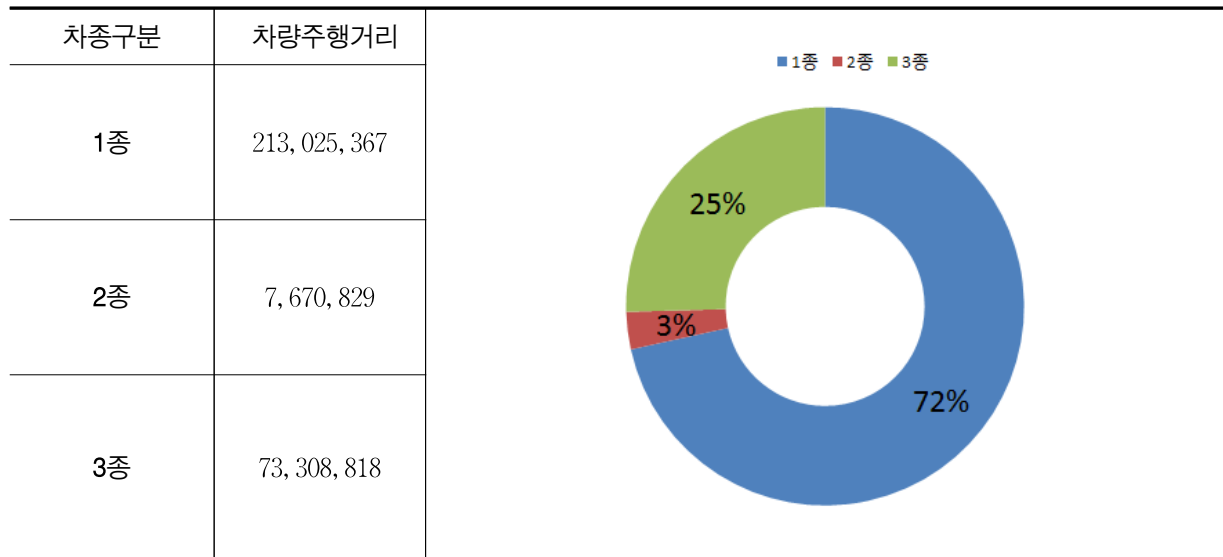
본 연구 적용 차종분류 기준			
1종	승용차/미니트럭 2축 4륜	1종	1종
2종	버스2축 6륜	2종	2종
3종	소형화물차 A 2축 6륜	3종	3종
4종	소형화물차 B 2축 6륜		4종
5종	중형화물차 A 3축 10륜		
6종	중형화물차 B 4축 12륜		
7종	중형화물차 C 5축 16륜		5종
8종	대형화물차 A 4축 14륜		
9종	대형화물차 B 4축 14륜		
10종	대형화물차 C 5축 18륜		
11종	대형화물차 D 5축 18륜		
12종	대형화물차 E 6축 22륜		

#### 다. 차종별 차량주행거리

- 3종 구분에 따른 차종별 차량주행거리 산출결과 1종의 차량주행거리가 가장길고, 2종의 차량주행거리가 가장 짧은 것으로 나타남. 이는 2종의 차량대수가 가장 적기 때문에 나타나는 결과임

&lt;표 4-21&gt; 차종별(3종) 차량주행거리

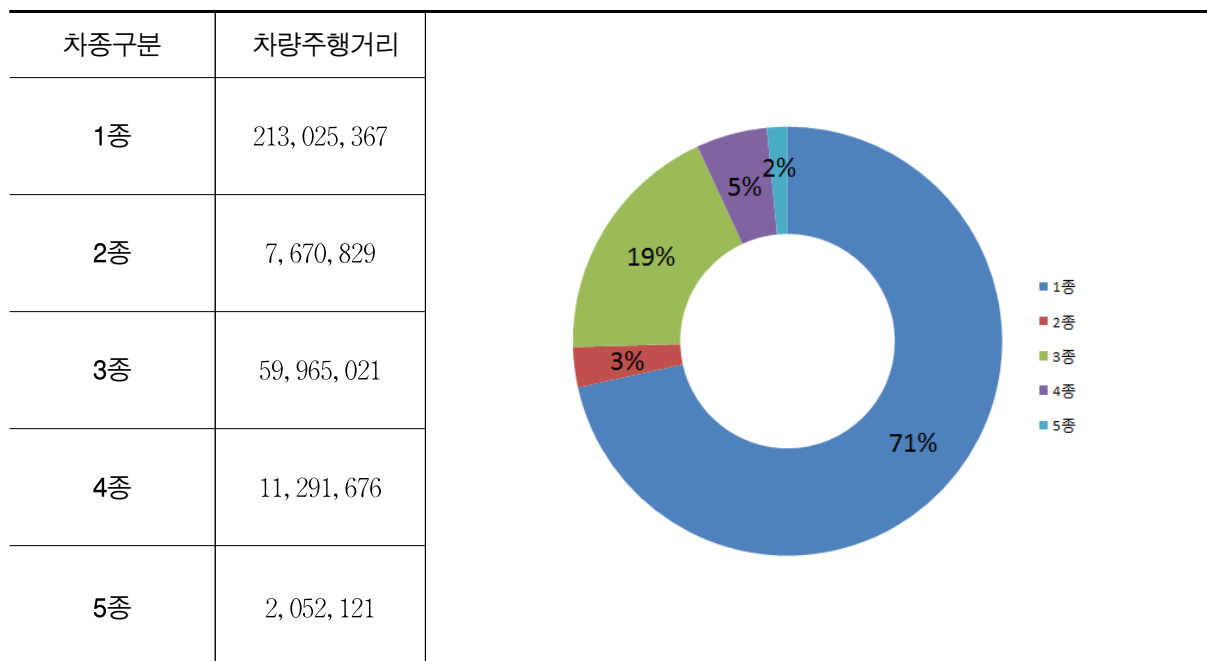
(단위: km·대)



- 5종 구분에 따른 차종별 차량주행거리 산출결과 3종 차량 구분과 마찬가지로 1종 차량의 차량주행거리가 가장 길게 나타남, 3종 구분 시 3종(화물차)을 세분화한 3종, 4종, 5종의 경우 5종 차량이 가장 적기 때문에 5종의 차량주행거리가 가장 짧은 것으로 나타남

&lt;표 4-22&gt; 차종별(5종) 차량주행거리

(단위: km·대)



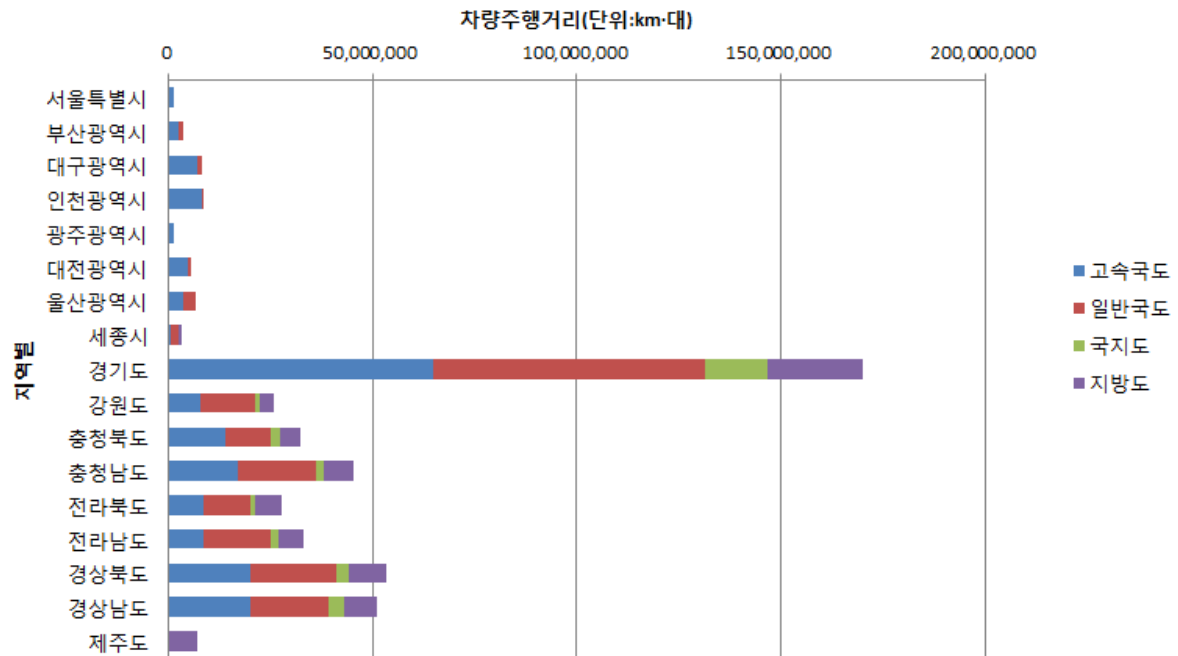
## 5. 지역별 도로유형별 차량주행거리

- 17개 시도별 도로유형에 따른 차량주행거리 산정결과 6대 광역시 모두 국지도와 지방도의 도로유형이 존재하지 않으며, 서울특별시와 광주광역시의 경우 일반국도의 차량주행거리 값이 존재하지 않음. 제주도의 도로유형은 지방도만 존재하므로 지방도의 차량주행거리만 산출되었음
- 그 외 지역의 경우 고속국도 혹은 일반국도의 차량주행거리가 긴 것을 확인 할 수 있음. 이는 고속국도와 일반국도의 도로연장이 길고, 교통량이 많기 때문임

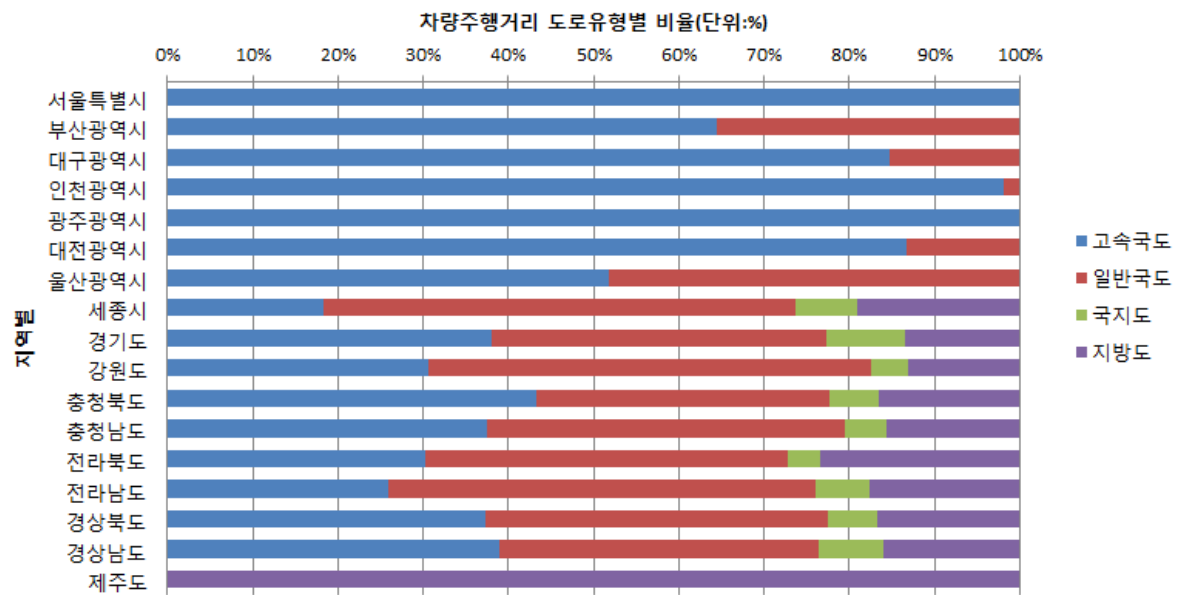
<표 4-23> 지역별 도로유형별 차량주행거리

(단위: km·대)

지역별	도로유형별			
	고속국도	일반국도	국지도	지방도
전국	188,637,993	187,353,096	30,992,224	75,659,694
서울특별시	1,233,959	0	0	0
부산광역시	2,272,152	1,254,613	0	0
대구광역시	6,888,592	1,236,573	0	0
인천광역시	8,188,053	159,536	0	0
광주광역시	1,359,605	0	0	0
대전광역시	4,602,738	701,571	0	0
울산광역시	3,403,156	3,167,421	0	0
세종특별자치시	576,755	1,743,285	228,657	603,512
경기도	64,669,867	66,701,389	15,558,310	22,998,067
강원도	7,880,240	13,410,478	1,118,133	3,368,994
충청북도	14,012,829	11,158,910	1,918,759	5,337,268
충청남도	16,905,500	19,017,818	2,131,510	7,102,513
전라북도	8,386,647	11,739,302	1,065,131	6,481,728
전라남도	8,494,380	16,499,451	2,071,705	5,804,677
경상북도	19,874,889	21,339,598	3,062,587	8,910,526
경상남도	19,888,632	19,223,149	3,837,432	8,223,157
제주특별자치도	0	0	0	6,829,252



<그림 4-11> 지역별 도로유형별 차량주행거리



<그림 4-12> 지역별 도로유형별 차량주행거리 비율



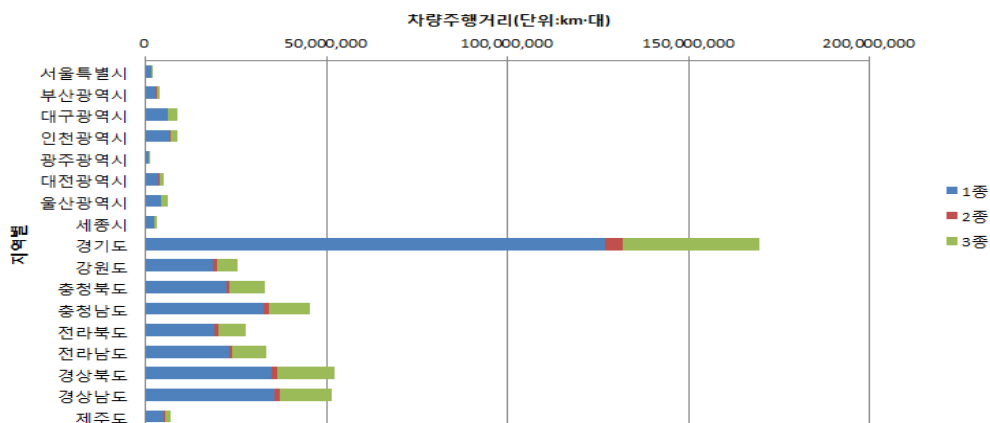
## 6. 지역별 차종별 차량주행거리

- 17개 시도별 3종 구분 차종에 따른 차량주행거리 산정결과 모든 지역의 1종 차종 비중이 가장 높으므로 1종에 대한 차량주행거리가 가장 긴 것으로 나타났으며, 2종의 차종이 가장 적으므로 차량주행거리 또한 짧은 것으로 나타남

<표 4-24> 지역별 차종별(3종) 차량주행거리

(단위: km·대)

지역별	차종별		
	1종	2종	3종
전국	345,882,319	14,677,407	122,994,623
서울특별시	1,563,749	55,895	420,495
부산광역시	2,909,916	72,461	856,362
대구광역시	5,941,900	235,890	2,605,042
인천광역시	6,598,638	307,414	1,845,411
광주광역시	986,618	31,705	268,597
대전광역시	3,589,185	142,577	1,253,510
울산광역시	4,216,725	187,526	1,815,971
세종특별자치시	2,293,343	55,964	802,903
경기도	126,757,456	4,932,119	37,785,341
강원도	18,554,571	977,084	5,946,725
충청북도	22,168,667	1,100,771	9,624,405
충청남도	32,644,351	1,311,469	11,397,898
전라북도	19,112,894	933,941	7,666,340
전라남도	22,990,524	924,625	9,211,564
경상북도	34,907,108	1,572,225	15,648,184
경상남도	35,619,235	1,481,082	14,398,720
제주특별자치도	5,027,440	354,659	1,447,153



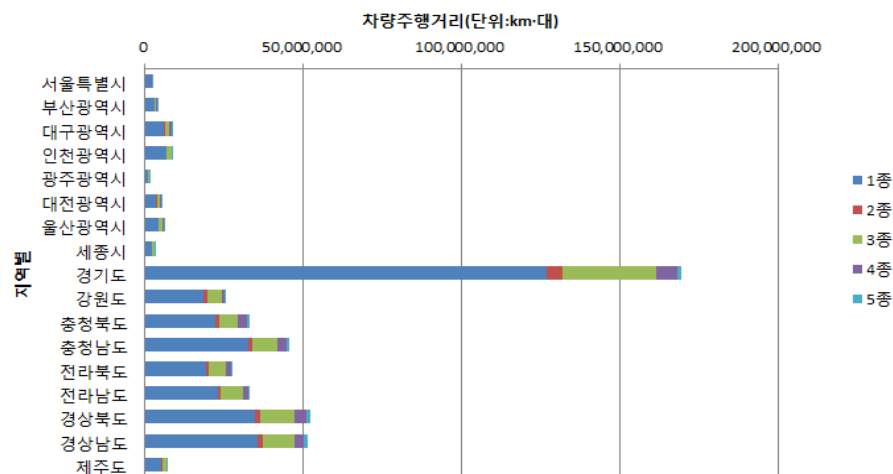
<그림 4-13> 지역별 차종별(3종) 차량주행거리

- 17개 시도별 5종 구분 차종에 따른 차량주행거리 산정결과 3종으로 구분한 결과와 마찬가지로 모든 지역의 1종 차종 비중이 가장 높으므로 1종에 대한 차량주행거리가 가장 긴 것으로 나타났으며, 기존 3종의 화물차량을 3종, 4종, 5종으로 세분화한 결과 5종의 차종이 가장 적으므로 차량주행거리 또한 짧은 것으로 나타남

<표 4-25> 지역별 차종별(5종) 차량주행거리

(단위: km·대)

지역별	차종별				
	1종	2종	3종	4종	5종
전국	345,882,319	14,677,407	89,695,085	25,816,113	7,483,425
서울특별시	1,563,749	55,895	325,751	85,286	9,458
부산광역시	2,909,916	72,461	637,925	127,584	90,853
대구광역시	5,941,900	235,890	1,604,628	742,513	257,901
인천광역시	6,598,638	307,414	1,369,951	372,249	103,211
광주광역시	986,618	31,705	200,462	49,762	18,372
대전광역시	3,589,185	142,577	769,388	397,303	86,820
울산광역시	4,216,725	187,526	1,061,846	518,252	235,873
세종특별자치시	2,293,343	55,964	526,475	239,867	36,562
경기도	126,757,456	4,932,119	29,890,179	6,637,031	1,258,132
강원도	18,554,571	977,084	4,634,348	1,122,583	189,795
충청북도	22,168,667	1,100,771	6,187,172	2,654,992	782,240
충청남도	32,644,351	1,311,469	7,933,455	2,720,899	743,544
전라북도	19,112,894	933,941	5,657,988	1,624,077	384,275
전라남도	22,990,524	924,625	7,054,929	1,580,971	575,664
경상북도	34,907,108	1,572,225	10,596,878	3,757,095	1,294,211
경상남도	35,619,235	1,481,082	9,954,199	3,038,457	1,406,064
제주특별자치도	5,027,440	354,659	1,289,511	147,194	10,448



<그림 4-14> 지역별 차종별(5종) 차량주행거리

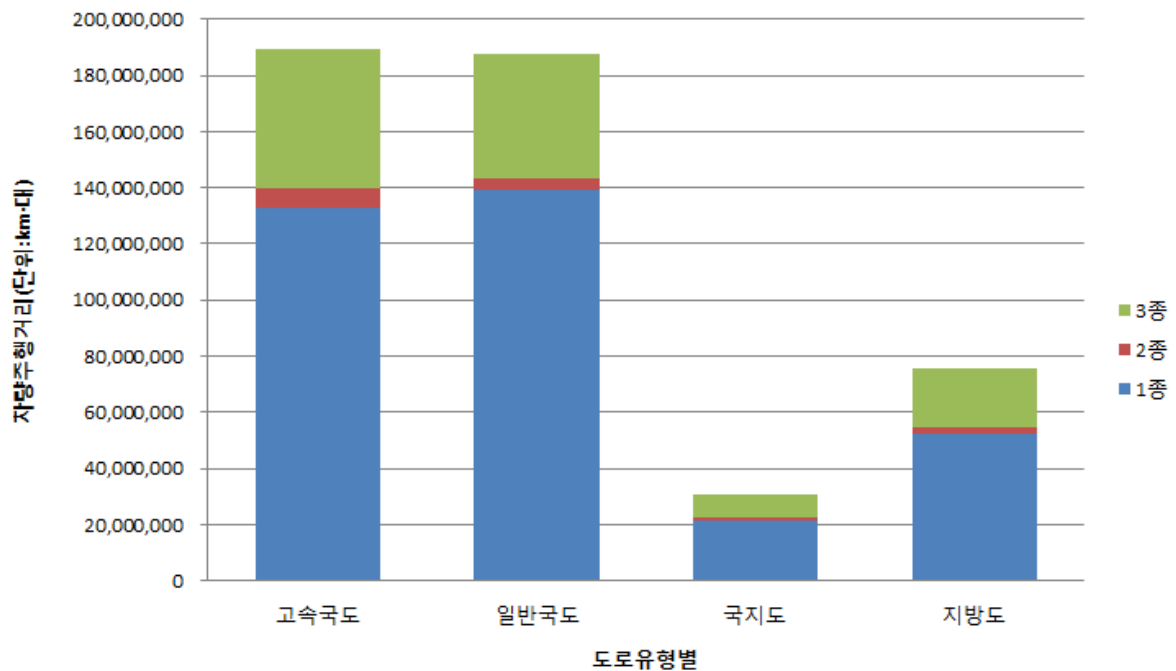
## 7. 도로유형별 차종별 차량주행거리

- 도로유형별 3종 구분 차종에 따른 차량주행거리 산정결과 모든 도로에서 1종에 대한 차량주행거리가 가장 긴 것으로 나타났으며, 2종의 차량주행거리가 가장 짧은 것으로 나타남

<표 4-26> 도로유형별 차종별(3종) 차량주행거리

(단위: km·대)

도로유형별	차종별		
	1종	2종	3종
고속국도	132,856,952	7,006,578	49,685,805
일반국도	139,023,438	4,521,820	43,807,838
국지도	21,658,324	913,937	8,419,963
지방도	52,343,606	2,235,072	21,081,016



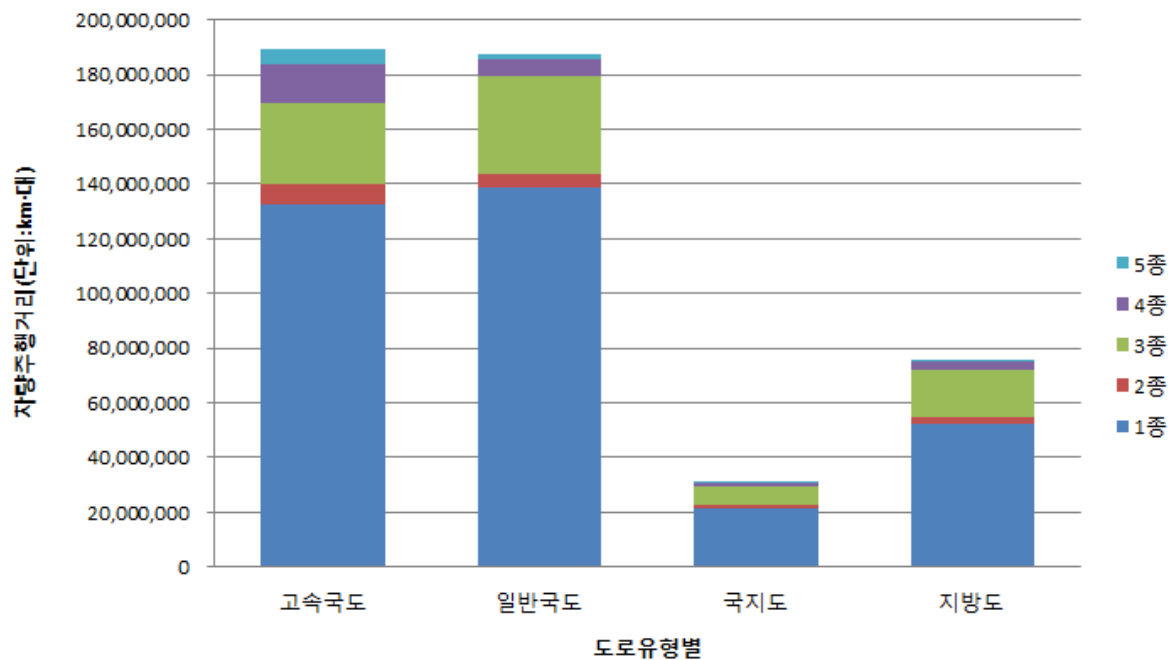
<그림 4-15> 도로유형별 차종별(3종) 차량주행거리

- 도로유형별 5종 구분 차종에 따른 차량주행거리 산정결과 모든 도로에서 1종에 대한 차량주행거리가 가장 긴 것으로 나타났으며, 일반국도와 국지도, 지방도의 경우 5종의 차량주행거리가 가장 짧은 것으로 나타남

&lt;표 4-27&gt; 도로유형별 차종별(5종) 차량주행거리

(단위: km·대)

도로유형별	차종별				
	1종	2종	3종	4종	5종
고속국도	132,856,952	7,006,578	29,730,063	14,524,438	5,431,304
일반국도	139,023,438	4,521,820	35,946,872	6,462,179	1,398,787
국지도	21,658,324	913,937	6,753,678	1,464,753	201,532
지방도	52,343,606	2,235,072	17,264,471	3,364,743	451,801



&lt;그림 4-16&gt; 도로유형별 차종별(5종) 차량주행거리

## 제5절 기존 지역간도로 차량주행거리와의 비교

### 1. 기존 지역간 도로의 차량주행거리 연구

#### 가. 한국도로공사 (2013 고속도로 교통량 통계, 한국도로공사, 2014.9)

- 주행거리별 교통량은 고속도로 상 일정구간을 이용한 차량의 주행거리 누계를 그 구간의 연장으로 나누어 산출한 대수로 산정함
  - 산출기준 및 방법
    - 출발지 및 목적지간 이용차량 중 일정구간 내 이용차량의 총 주행 거리를 산출하여 해당구간의 연장으로 나누어 산출함
  - 자료의 활용
    - 특정구간 또는 특정지점에 대한 단면교통량 산출
    - 구간별 도로용량에 의한 혼잡도 판단
    - 특정지점 노면 및 구조물의 내구성, 용량 판단 자료 등
- 2013년 평균 주행거리는 53.7km로 전년 대비 1.0% 감소하였음
  - 차종별 구성비가 가장 높은 1종 차량의 경우 평균 주행거리가 51.3km로 나타남
  - 차종별로는 4종 차량의 평균 주행거리가 79.4km로 가장 길며, 2종 차량의 평균 주행거리가 48.5km로 가장 짧음
  - 모든 차종에서 평균 주행거리가 전년보다 감소하였으나, 1종 차량의 감소율이 가장 낮고, 2종 차량의 감소율이 가장 큼
- 차종별로는 4종 차량의 평균 주행거리가 가장 길고, 2종 차량의 평균 주행거리가 가장 짧은 것으로 나타남
  - 개방식 구간 이용차량의 경우 3종 차량의 평균 주행거리가 가장 길고, 4종 차량의 평균 주행거리가 가장 짧은 것으로 나타남
- 지역별로는 전북 지역의 평균 주행거리가 74.5km로 가장 길고, 경남권의 평균 주행거리가 41.7km로 가장 짧은 것으로 나타남

- 전북 지역의 경우 다른 지역보다 교통량이 작고, 다른 대안 경로가 많지 않기 때문에 평균 주행거리가 긴 것으로 판단됨
- 경남권의 평균 주행거리가 짧게 나타나는 것은 다른 지역보다 권역 내부 교통량이 많은 것이 원인으로 판단되며, 동일 원인으로 경기권의 평균 주행거리가 짧음
- 경기/경남권의 경우 20km 미만의 단거리 통행의 점유율이 50% 이상으로 매우 높으며, 전북/전남권은 100km 이상의 중장거리 통행의 점유율이 높은 것으로 나타남
- 다른 지역보다 평균 주행거리가 가장 긴 전북 지역이 20km 미만의 단거리 통행의 점유율은 가장 낮게 나타남
- 권역별 주행거리
  - 산출방법: 입구 영업소 기준 이용차량의 주행거리를 관할본부별에 따라 집계함 (개방식, 폐쇄식 영업소 구분하여 제시)

<표 4-28> 한국도로공사 권역별 주행거리(개방식)

( 단위 : km )

구분			1종	2종	3종	4종	5종	계
개방식	경기	천대	371,266	12,923	12,421	5,421	7,396	409,428
		백만km	1,379	47	49	19	19	1,521
		평균 주행거리	3.7	3.6	3.9	3.5	2.6	3.7
	강원	천대	3,615	107	48	77	123	3,970
		백만km	8	0	0	0	0	9
		평균 주행거리	2.3	2.3	2.3	2.3	1.4	2.3
	전남	천대	3,132	99	138	96	211	3,676
		백만km	16	0	1	0	0	18
		평균 주행거리	5.0	5.0	4.9	4.9	2.2	5.0
	경남	천대	4,641	226	195	277	201	5,540
		백만km	21	1	1	1	1	24
		평균 주행거리	4.5	4.0	4.6	3.2	4.5	4.4

&lt;표 4-29&gt; 한국도로공사 권역별 주행거리(폐쇄식)

( 단위 : km )

구분			1종	2종	3종	4종	5종	계
폐 쇄 식	경기	천대	280,332	14,958	16,442	8,352	9,532	329,614
		백만km	12,157	573	947	542	599	14,818
		평균 주행거리	43.4	38.3	57.6	65.0	62.9	45.0
	충청	천대	130,026	5,637	8,871	5,119	6,065	155,719
		백만km	8,125	342	661	431	565	10,123
		평균 주행거리	62.5	60.7	74.5	84.2	93.2	65.0
	강원	천대	70,620	2,308	3,843	1,416	2,098	80,286
		백만km	4,269	132	272	112	175	4,960
		평균 주행거리	60.4	57.3	70.7	79.2	83.6	61.8
	전북	천대	32,756	1,530	1,945	1,152	1,873	39,255
		백만km	2,363	107	153	109	193	2,925
		평균 주행거리	72.1	69.7	78.4	94.7	103.3	74.5
	전남	천대	56,008	1,867	2,861	1,550	3,442	65,729
		백만km	3,643	127	239	169	330	4,509
		평균 주행거리	65.0	68.2	83.7	108.7	96.0	68.6
	경북	천대	117,569	5,502	5,506	3,241	4,956	136,775
		백만km	7,089	334	479	344	494	8,740
		평균 주행거리	60.3	60.7	87.1	106.2	99.7	63.9
	경남	천대	191,334	8,681	8,219	5,594	11,934	225,763
		백만km	7,391	349	500	391	785	9,416
		평균 주행거리	38.6	40.2	60.9	70.0	65.8	41.7
	계	천대	878,645	40,483	47,687	26,425	39,901	1,033,141
		백만km	45,036	1,964	3,251	2,099	3,142	55,492
		평균 주행거리	51.3	48.5	68.2	79.4	78.8	53.7

#### 나. 한국건설기술연구원 (2013년 도로교통량통계연보, 국토교통부, 2014)

- 한국건설기술연구원에서는 매년 고속국도, 일반국도, 국지도, 지방도의 교통량을 조사하여 도로의 계획과 건설, 유지관리 및 도로행정 등에 필요한 기본자료와 각종 연구에 필요한 기초 자료를 제공하기 위해 도로교통량통계연보를 발간함
- 구간선정
  - 시도 이상의 교차점과 교차점 사이 구간을 소구간으로 설정한 후, 지역과 지역을 연결하는 도로의 특성을 반영할 수 있는 고속국도, 일반국도와의 교차점으로 인하여 교통류의 변화가 크게 일어나는 두 분기점 사이의 소구간들을 병합하여 대구간으로 설정함
  - 대구간(Section)
    - 지역과 지역을 연결하는 도로의 특성을 반영할 수 있도록 국도(고속국도와 일반국도) 교차점 사이를 구간으로 설정(단, 교차점 근처에 하나 이상의 국도 교차점이 있는 경우, 교통량이 매우 많은 특별시도·광역시도나 지방도의 교차점을 기준으로 설정)
  - 소구간(Segment)
    - 시도 이상의 교차점과 교차점 사이 구간(단, 교통량이 많은 군도와 고속국도 진출·입로를 포함)
    - 현저한 교통량 특성의 변화를 발생시키는 지점의 구간(유명 관광지, 행정기관 등)을 통과하는 도로는 그 지점을 기준으로 구간을 분리하여 설정
- 지점선정
  - 고속국도의 지점은 IC와 IC 사이의 구간 내에 선정 하며, 일반국도의 경우 시도 이상의 교차점과 교차점 사이 구간(단, 교통량이 많은 군도와 고속국도 진출·입로를 포함) 내에 선정 하며, 이 구간에 상시조사 장비가 설치되어 있을 경우 수시조사 지점에서 제외함. 지방도의 지점은 지방도와 지방도가 만나는 교차점, 지방도와 일반국도가 만나는 교차점 사이의 구간 내에 선정
- 도로등급별 주행거리는 다음 식으로 구할 수 있음
  - 도로등급별 주행거리 =  $\sum$  도로등급별 해당구간의 평균 일교통량  $\times$  해당구간 연장



## ① 고속국도 주행거리

- 고속국도에 대한 차종별(승용차, 버스, 화물차) 차량주행거리는 승용차의 주행거리가 130,174 천대·km(70.0%)로 가장 길고, 버스가 6,939천대·km(3.7%)로 가장 짧음

&lt;표 4-30&gt; 한국건설기술연구원 고속국도 총 주행거리

구 분		주행거리(천대·km)	구성비(%)
고속국도	승용차	130,174	70.0
	버 스	6,939	3.7
	화물차	48,999	26.3
	계	186,112	100.0

주: 교통량 정보제공 시스템 (<http://www.road.re.kr>)

## ② 일반국도 주행거리

- 일반국도에 대한 차종별(승용차, 버스, 화물차) 차량주행거리는 승용차의 주행거리가 107,125 천대·km(73.9%)로 가장 길고, 버스가 3,518 천대·km(2.4%)로 가장 짧음

&lt;표 4-31&gt; 한국건설기술연구원 일반국도 총 주행거리

구 분		주행거리(천대·km)	구성비(%)
일반국도	승용차	107,125	73.9
	버 스	3,518	2.4
	화물차	34,437	23.7
	계	145,080	100.0

주: 교통량 정보제공 시스템 (<http://www.road.re.kr>)

### ③ 지방도 및 국지도 주행거리

- 지방도, 국가지원지방도에 대한 차종별(승용차, 버스, 화물차) 차량주행거리는 승용차의 주행거리가 54,972천대·km(68.8%)로 가장 길고, 버스가 2,330천대·km(2.9%)로 가장 짧음

<표 4-32> 한국건설기술연구원 지방도 및 국지도 총 주행거리

구 분		주행거리(천대·km)	구성비(%)
지방도 계	승용차	54,972	68.8
	버 스	2,330	2.9
	화물차	22,618	28.3
	계	79,920	100.0
국가지원 지방도	승용차	15,622	69.0
	버 스	655	2.9
	화물차	6,357	28.1
	계	22,634	100.0
지방도	승용차	39,350	68.7
	버 스	1,675	2.9
	화물차	16,261	28.4
	계	57,286	100.0

주: 교통량 정보제공 시스템 (<http://www.road.re.kr>)

## 2. 본 연구결과와의 비교

### 가. 한국도로공사

- 한국도로공사의 차량주행거리를 본 연구결과와 비교하기 위해 동일한 단위(km·대)의 차량주행거리로 재 산정함. 이는 각 지역별 차량대수(단위:천대)를 365일로 나눠 연평균일교통량으로 환산한 후 차량당 평균주행거리(단위:km)를 곱하여 지역별 차량주행거리를 산정하였으며, 개방식 구간의 경우 4,292,522km·대, 폐쇄식 구간의 경우 152,065,168km·대로 총 차량주행거리는 156,357,690km·대임
- 본 연구에서 산출한 차량주행거리와 한국도로공사의 차량주행거리를 비교한 결과, 본 연구의 차량주행거리가 한국도로공사의 차량주행거리보다 긴 것으로 나타남
  - 한국도로공사의 차량주행거리는 권역별로 제시하며, 입구 영업소 기준 이용차량의 주행거리를 관할본부별에 따라 집계하는 방식임
  - 폐쇄식 구간을 이용하는 경우 출구기준에 따라 이용차량을 집계하고, 개방식의 경우 입구와 출구기준의 합으로 이용차량을 집계함. 또한 노선별 구분 시 이용차량은 최단경로를 이용한다는 가정 하에 출발지 및 목적지에 따라 배분함
  - 또한, 한국도로공사의 개방식 구간에 대한 차량주행거리 권역별 제시지역은 경기, 강원, 전남, 경남으로 총 4개 지역, 폐쇄식 구간은 경기, 충청, 강원, 전북, 전남, 경북, 경남으로 총 7개 지역에 대해 제시함. 이는 17개 지역구분 중 각각 4개 지역, 7개 지역으로 전체 지역 중 일부만 주행거리를 산출하는 것으로 판단됨

<표 4-33> 한국도로공사의 차량주행거리 결과 비교

(단위: km·대)

도로유형	본 연구 차량주행거리 (A)	한국도로공사 차량주행거리 (B)	차이 (A-B)
고속국도	188, 637, 993	156, 357, 690 (개+폐)	32, 280, 303
		4, 292, 522 (개방식)	
		152, 065, 168 (폐쇄식)	

## 나. 한국건설기술연구원

- 본 연구에서 산출한 차량주행거리와 한국건설기술연구원에서 제공하는 차량주행거리를 비교한 결과, 본 연구의 차량주행거리가 한국건설기술연구원의 차량주행거리보다 긴 것으로 나타났다. 이는 본 연구에서는 검지기와 매칭된 소구간 이외에도 교통량 부재 소구간까지 HPMS 방법론을 적용하여 모든 구간에 교통량 값을 배정하여 차량주행거리를 산출하였기 때문이며, 도로유형별 총 연장 비교결과 본 연구에서 적용한 혼잡지도 분석맵의 연장이 한국건설기술연구원 관리연장보다 길기 때문으로 판단됨

<표 4-34> 한국건설기술연구원의 차량주행거리 결과 비교

(단위: km·대)

도로유형	본 연구 차량주행거리 A	한국건설기술연구원 차량주행거리 B	차이 A-B
고속국도	188,637,993	186,111,195	2,526,798
일반국도	187,353,096	145,078,563	42,274,533
국지도	30,992,224	22,633,380	8,358,844
지방도	75,659,694	57,286,401	18,373,293
합계	482,643,007	411,109,539	71,533,468

- 본 연구에서 사용한 혼잡지도 분석맵의 도로유형별 연장은 다음과 같음. 모든 도로유형의 연장이 한국건설기술연구원의 관리연장보다 긴 것을 확인 할 수 있음

<표 4-35> 도로유형별 총 연장

(단위:km)

구분	본 연구 혼잡지도 분석맵 연장	한국건설기술연구원 관리연장
고속국도	4,158	4,114
일반국도	14,475	12,648
지방도(계)	16,606	14,470
국지도	3,379	2,990
지방도	13,227	11,480
합계	36,319	31,232

## 제6절 소결

- 지역간도로의 차량주행거리는 기준연도 2013년 기준 한국건설기술연구원의 교통량DB와 혼합 지도 분석맵 네트워크 DB를 활용하여 결과를 산출함
- 차량주행거리 산정을 위해 분석단위구간을 도로유형별로 설정하였음. 고속국도의 경우 IC와 IC간 연장을 분석구간으로 설정하였고, 일반국도, 국지도, 지방도의 경우 서로 다른 도로유형이 교차하는 경우 혹은, 도로유형이 같은 경우 도로번호가 다른 도로와 교차하는 경우로 소구간을 설정하였음
- 교통량 존재 구간에 대해서는 해당 소구간과의 매칭을 수행하였으며, 교통량 부재구간에 대해서는 HPMS 방법론을 적용하였음. 일반국도의 경우 도로번호가 동일하며, 가장 가까운 검지기의 교통량을 적용하였으며, 국지도, 지방도의 경우 가장 가까운 검지기의 교통량을 매칭하였음
- 차량주행거리는 총 차량주행거리와 도로유형별, 지역별, 차종별 차량주행거리를 산출하였으며, 지역별 도로유형별, 지역별 차종별, 도로유형별 차종별 차량주행거리를 산출하였음
- 그 결과, 총 차량주행거리는 482,643,007km·대 이며, 고속국도, 일반국도, 지방도, 국지도 순으로 차량주행거리가 긴 것으로 확인됨. 지역별로는 6대 광역시가 다른 지역에 비해 차량주행거리가 짧게 나타났으며, 이는 해당 지역들의 경우, 도심 내 특별·광역시도 및 시군도의 도로 비중이 높기 때문으로 판단되며, 지역의 규모가 크고, 교통량이 가장 많은 경기도의 차량주행거리가 가장 길게 나타났음. 종별로는 1종의 차량주행거리가 가장 길고, 3종 구분 시에는 3종의 차량주행거리가, 5종 구분 시에는 5종의 차량주행거리가 가장 짧은 것으로 나타남
- 본 연구의 차량주행거리 결과와 한국도로공사에서 제공하는 고속국도 차량주행거리, 한국건설기술연구원에서 제공하는 고속국도, 일반국도, 국지도, 지방도의 차량주행거리를 비교함. 한국도로공사의 경우 차량주행거리 산출 시 제공하는 값이 본 연구의 단위와 차이가 있어 이를 재산정한 결과 본 연구의 차량주행거리가 더 길게 나왔으며, 이는 공간적 범위 및 이용차량 기준의 차이로 인한 것으로 파악됨. 한국건설기술연구원의 경우도 본 연구의 차량주행거리가 더 길게 산출되었는데, 이는 본 연구에서는 교통량 부재구간에 대하여 HPMS 방법론을 적용해 모든 도로의 차량주행거리를 산출했기 때문으로 판단됨



## 제5장 6대 광역시의 차량주행거리 산정

---

제1절 6대 광역시 및 수집교통 DB 현황

제2절 교통량 추정 및 차량주행거리 산정

제3절 민감도 분석

제4절 소결





## 제5장 6대 광역시의 차량주행거리 산정

### 제1절 6대 광역시 및 수집교통 DB 현황

#### 1. 사회경제지표 현황

- 본 연구의 차량주행거리 추정 대상인 6대 광역시의 행정구역 현황은 다음과 같음
  - 인천광역시: 중구, 동구, 서구, 남구, 남동구, 계양구, 부평구, 연수구, 강화군, 옹진군
  - 대전광역시: 중구, 동구, 서구, 유성구, 대덕구
  - 광주광역시: 동구, 서구, 남구, 북구, 광산구
  - 부산광역시: 중구, 동구, 서구, 남구, 북구, 강서구, 사상구, 사하구, 영도구, 부산진구, 연제구, 동래구, 금정구, 수영구, 해운대구, 기장군
  - 울산광역시: 동구, 서구, 남구, 북구, 울주군
  - 대구광역시: 중구, 동구, 서구, 남구, 북구, 수성구, 달서구, 달성군



<그림 5-1> 인천광역시 행정구역



<그림 5-2> 대전광역시 행정구역



<그림 5-3> 광주광역시 행정구역



<그림 5-4> 부산광역시 행정구역



<그림 5-5> 울산광역시 행정구역



<그림 5-6> 대구광역시 행정구역

- 각 도시별 행정구역별 면적, 인구수, 세대수는 <표 5-1>과 같음
- 광역시 내 각 구군 별 인구밀도와 도로밀도의 값을 분석해 보면, 광역시 내에서 주로 외곽 부에 위치한 군 지역의 수치가 낮음. 또한, 광역시 교통DB 조사지점이 주로 구 지역에 분포하고 있음. 이에 대상 광역시 도시부 VKT 산정에서 광역시 내 군 지역을 제외한 구 지역을 대상으로 함

&lt;표 5-1&gt; 6대 광역시 사회경제지표 (2013년 기준)

광역시	구	면적(km <sup>2</sup> )	세대수(세대)	인구수(명)
인천	강화군	411.35	29,313	66,299
	계양구	45.58	126,344	340,779
	남구	24.84	166,280	405,587
	남동구	57.01	191,299	502,837
	동구	7.19	29,873	73,866
	부평구	31.99	208,945	550,886
	서구	114.01	179,150	486,660
	연수구	45.57	105,982	298,024
	옹진군	171.99	10,943	20,524
	중구	131.29	46,691	106,315
대전	대덕구	68.66	76,036	202,820
	동구	136.70	99,779	247,969
	서구	95.48	183,377	495,802
	유성구	177.28	114,289	312,818
	중구	62.13	101,328	262,290
광주	광산구	222.90	139,927	391,212
	남구	61.01	81,994	214,690
	동구	49.20	45,077	101,360
	북구	120.29	170,879	443,012
	서구	47.78	117,536	313,496
부산	강서구	181.61	28,689	69,006
	금정구	65.19	98,055	250,915
	기장군	218.28	51,135	131,756
	남구	26.81	112,333	288,891
	동구	9.73	41,661	94,012
	동래구	16.65	103,239	273,853
	부산진구	29.69	157,861	384,418
	북구	39.36	113,379	307,584
	사상구	36.09	94,313	244,306
	사하구	41.70	131,946	345,924
	서구	13.88	50,780	116,314
	수영구	10.20	70,191	173,304
	연제구	12.08	80,349	206,893
	영도구	14.13	55,336	133,692
	중구	2.82	22,206	46,007
대구	해운대구	51.46	157,768	421,844
	남구	17.44	72,733	163,493
	달서구	62.34	219,533	607,288
	달성군	426.59	67,064	183,410
	동구	182.22	135,963	340,638
	북구	94.08	162,268	441,350
	서구	17.48	88,277	212,720
	수성구	76.46	161,838	457,944
	중구	7.06	34,352	74,710
	남구	72.70	128,781	346,732
울산	동구	36.03	66,092	177,417
	북구	157.34	63,044	185,155
	울주군	757.39	79,450	207,577
	중구	37.00	87,974	232,861

자료: 행정자치부, 주민등록인구통계, 2013

국토교통부, 지적통계연보, 2013

## 2. 도로 현황

### 가. 광역도로

- 인천광역시는 서울특별시와 인천광역시를 연결하는 경인고속국도, 경인전철, 경인로가 도시의 동서를 관통하며, 서울외곽순환고속국도가 도시의 서남측과 서북측으로 통과, 그 외 영동고속국도, 제2경인고속국도의 시점이 남동구에 위치하고 있음. 최근 외곽지역에 신도시 개발(청라, 송도, 검단)로 인하여 남북측 도로가 개선되고 있음
- 대전광역시는 경부고속국도, 호남고속국도 지선, 대전남부순환고속국도, 중부고속도로(대전-통영간 고속국도)가 대전시를 둘러싸고 있으며 계백로, 옥천로 등이 대전권 위성도시를 연결하고 있음
- 광주광역시는 호남고속국도가 광주 도심권을 관통하고 있으며 외곽부에 광주-무안간고속국도 및 고창-담양간 고속국도가 통과함, 광주권 위성도시 간에 주요 광역도로가 방사형으로 뻗어있음
- 부산광역시는 총 4개의 고속국도의 사·종점이며 변영로, 동서고가로, 관문대로 등이 부산 내부 주요 지역을 이동시키는 역할을 함
- 대구광역시는 중부내륙고속국도지선, 경부고속국도, 중앙고속국도가 대구광역시를 둘러싸거나 관통하고 있으며 주요 지역 간 도로망이 방사형으로 뻗어있음
- 울산광역시 외곽부에 고속국도가 위치하고 부산, 경주, 언양간 도로망이 발달되어 있음

### 나. 간선도로망

- 대부분의 광역시의 간선도로망은 구도심을 중심으로 방사형으로 뻗어있음
  - 부산광역시는 도시구조가 방사형이 아닌 해안선을 따라 일자형으로 되어있음
  - 인천광역시는 수도권 위성도시(부천, 시흥, 안산, 김포)로 인하여 도시 내 도로망이 동서축이 더 발달하였으며 최근 외곽지역에 신도시 개발(청라, 송도, 검단)로 인하여 남북측 도로가 개선되고 있음

&lt;표 5-2&gt; 6대 광역시 도로등급별 연장 현황

(단위:km)

도시	합계	고속국도	일반국도	특별·광역시도	지방도
인천	2,535.3	100.3	74.9	1,784.4	45.5
대전	1,929.1	76.1	83.9	1,738.7	30.4
광주	1,697.3	26.4	86.6	1,560.7	23.7
부산	3,245.9	51.7	101.5	2,877.7	15.8
울산	1,780.4	62.8	177.1	1,245.4	-
대구	2,404.3	97.6	108.3	2,028.3	11.6

자료: 국토교통부, 국토교통통계누리, 2013

&lt;표 5-3&gt; 6대 광역시 도로밀도 (2013년 기준)

(단위:km/km<sup>2</sup>)

광역시	구	도로밀도	광역시	구	도로밀도
인천	강화군	0.73	부산	동래구	11.16
	계양구	6.79		부산진구	12.46
	남구	15.02		북구	4.27
	남동구	9.29		사상구	5.79
	동구	8.05		사하구	6.44
	부평구	10.28		서구	8.43
	서구	4.77		수영구	15.32
	연수구	3.49		연제구	11.25
	옹진군	2.68		영도구	9.27
	중구	1.01		중구	26.81
대전	대덕구	5.30	대구	해운대구	6.79
	동구	2.56		남구	8.50
	서구	4.85		달서구	7.18
	유성구	3.06		달성군	1.23
	중구	5.29		동구	1.99
광주	광산구	4.16		북구	4.23
	남구	5.18		서구	12.73
	동구	3.15		수성구	4.30
	북구	5.00		중구	15.65
	서구	7.03	울산	남구	6.12
부산	강서구	2.38		동구	4.78
	금정구	3.63		북구	1.62
	기장군	2.53		울주군	1.42
	남구	9.39		중구	7.08
	동구	9.14			

자료: 각 지자체 통계연보(인천 강화·계양·남·남동·동·부평·서·연수·옹진·중/ 대전 대덕·동·서·유성·중/  
 광주 광산·남·동·북·서/ 부산 강서·금정·기장·남·동·동래·부산진·북·사상·사하·서·수영·  
 연제·영도·중·해운대/ 대구 남·달서·달성·동·북·서·수성·중/ 울산 남·동·북·울주·중)

### 3. 차량주행거리 산정을 위한 기초자료

- 차량주행거리 산정식은 교통량과 링크길이의 곱으로 이루어져 있어 이를 산출하기 위해 링크에 관한 도로속성정보와 교통량 DB를 구축해야 함
- 도로속성정보와 교통량 자료는 교통주제도, ITS표준노드체계, 전자지도, 그리고 네비게이션을 통해 자료를 수집함

### 4. 도로속성정보 구축

- 지역간/도시부 도로현황, 도로구간 시종점 및 연장과 같은 도로현황 자료를 교통주제도, 광역시 도시기본계획, 광역시 도시교통정비계획 및 전자지도를 이용하여 구축함
- 본 연구에서는 국토교통부에서 제공하는 ITS표준링크 체계를 이용하여 광역시 별로 구축되어 있는 각자 고유의 시스템 자료를 표준화하여 재구축함

<표 5-4> 도로현황자료 구축

구분	내용	제공기관
2020 도시기본계획	도로의 기능별 구분(개략적)	광역시청
도시교통정비기본계획	도로의 기능별 구분(개략적)	광역시청
국가 ITS표준노드링크	X좌표, Y좌표, 링크길이, 차로수, 도로등급, 도로명	국토교통부
교통주제도	X좌표, Y좌표 도로구간 시종점, 연장, 차로수, 도로등급	KTDB
전자지도	도로구간 시종점, 연장, 차로수	KTDB

- ITS표준노드링크에서 부재한 정보를 교통주제도(KTDB)에서 매칭하여 사용하는 것을 검토한 결과, ITS표준노드링크에서 링크는 양방향 분리(2 way-2 links)형태로 구축되어 있으나 교통주제도(KTDB)에서 링크는 양방향 비분리(2 way-1 link)형태로 구축되어 있어 자료 호환성이 없는 것으로 판단됨
- 이에 네비게이션 맵 데이터를 활용하여 ITS표준노드링크에서 부재한 정보를 보완함

&lt;표 5-5&gt; 차량주행거리 추정에 필요한 링크속성DB의 구축 현황

구분		방향분리	공간적위치 (좌표)	도로연장	도로기능 <sup>1)</sup>	평균 교차로간격	차로 수	제한 속도	주간선도로 접속여부	토지이용 행태 <sup>2)</sup>
교통 DB	ITS표준 노드링크	○	○	×	×	×	×	○	○	×
	교통주제도	×	○	○	×	×	○	○	○	×
	네비게이션	○	○	○	×	×	○	○	○	×
관련 계획	도시교통 정비계획	-	-	△	△	-	-	-	-	△
법령	도로구조령	-	-	○	△	-	-	-	-	-

주 1: 도로기능구분: 고속도로, 주간선도로, 보조간선도로, 집산도로

주 2: 토지이용행태: (토지이용행태를) 상업지역, 주거지역, 공업지역, 기타지역으로 구분

## 5. 교통조사 자료 구축

### 가. 지능형 교통시스템(ITS) 검지기 자료

- 6대 광역시는 지능형 교통시스템(Intelligent Transport System, 이하 ITS) 구축사업으로 도시 내 및 도시 간 주요도로에서 교통량 및 통행속도 자료를 수집하고 있으며, 도시별 ITS검지기 설치현황은 <표 5-6>와 같음
- 각 도시의 ITS 검지기 자료는 다음과 같이 가공하여 본 연구의 목적에 부합하도록 자료를 재구축함
  - 각 광역시 내 ‘군’지역을 제외한 지역을 대상으로 하며, 광역시 경계에 걸쳐있는 링크는 경계지점으로부터 해당 교차로까지의 거리를 링크거리로 칭함
  - ITS검지기는 해당 구간의 도로 상황에 관한 자료를 도시 ITS센터로 전송 및 저장하기 때문에 검지기가 고장 및 파손이 발생하지 않는 선에서 365일 수집이 가능함
  - 링크의 AADT는 총 교통량을 조사 일수로 나눈 값을 산출하고 링크의 평균속도는 각 조사 시점 별 통행속도의 평균값을 산출함
  - 조사지점 수 및 교통량 수집율은 ITS표준링크 기반으로 계산하였으며 교통량 및 통행속도 자료를 수집하지 않는 도시는 계산에서 제외함

&lt;표 5-6&gt; 6대 광역시 ITS검지기 및 ITS검지기 교통량 수집 현황

도시명		검지기 현황	수집기간	교통량 수집 링크수 <sup>5)</sup>	교통량 수집율 <sup>6)</sup>
대전	교통량	DSRC-RSE: 377개 VDS: 100개	365일	739	26.4%
	속도			746	26.6%
울산	교통량	VDS <sup>1)</sup> : 107개	365일	175	6.9%
	속도			209	8.3%
부산 <sup>2)</sup>	교통량	DSRC: 89개 교차로	365일	-	-
	속도			3,024	86.6%
인천	교통량	VDS: 108개 UTIS-RSE: 172개	365일	97	3.6%
	속도			1,204	44.7%
광주 <sup>4)</sup>	교통량	UTIS: 173개	365일	123	3.5%
	속도			125	3.6%
대구 <sup>3)</sup>	교통량	DSRC: 502개	365일	-	-
	속도			787	37.5%

주 1: VDS-Link와 표준ITS간의 Matching Table 부재

주 2: 부산의 ITS검지기 교통량Data는 모든 값이 0으로 기입함

주 3: 대구의 ITS검지기 교통량Data는 모든 값이 0으로 기입함

주 4: 광주 ITS검지기는 자체 ITS체계를 가지고 있고 이를 표준ITS체계로 전환하는 중 호환체계의 불량, 검지기 결함으로 인하여 검지기 개수보다 수집된 링크수가 적음

주 5: '교통량 수집 링크수'는 국토교통부 제공 ITS표준링크 기준 ITS검지기를 통해 교통량 파악이 가능한 링크의 수를 의미함

주 6: '교통량 수집율'은 국토교통부 제공 ITS표준링크 기준 각 도시 내 존재하는 모든 링크 수 대비 ITS검지기를 통해 교통량이 수집되는 링크의 수에 대한 비율임. 전체 링크 수는 ITS표준링크 기반 대상도시 링크 수를 말함

#### 나. 현장조사 자료

- 6대 광역시 모두 인력을 활용한 교통량 및 통행속도 조사를 자체적으로 실시하고 있음
- 도시별 현장조사 현황은 <표 5-7>와 같음
  - 광역시 내 '군' 지역은 지자체에서 조사한 교통DB 수가 많지 않고 도시부의 특성을 가지고 있지 않아 광역시 내 '구' 지역을 대상으로 함
  - 대상구역인 광역시 내 '구' 경계에 걸쳐있는 링크는 경계지점으로부터 해당 교차로까지의 거리를 링크거리로 칭함
  - 고속도로 및 주요 간선도로는 국토교통부에서 제공하는 교통량정보제공시스템 (Traffic Monitoring System)을 참고하여 자료 입력함



- 교차로에 대한 교통량은 교차로 방향별 교통량을 합산하여 교차로 진입·진출 링크 교통량으로 환산함
- 조사시간이 24시간이 아닌 조사지점의 교통량은 시간보정계수, 요일보정계수, 월보정계수를 곱하여 AADT를 계산함

&lt;표 5-7&gt; 6대 광역시 현장조사 교통DB 구축 결과

도시명	거점명	거점수	링크수	수집율	조사일자	조사시간	차종구분
대전	교통량	고속도로IC	8	231	2013. 10. 01. ~ 11. 30	평일 24h	5종 [승용, 버스(중형, 대형), 트럭(중형, 대형)]
		시계유출입	11			평일 24h	3종 [대형, 중형, 소형]
		주요간선도로	23			평일 24h	
		주요교차로	50			평일 6h (7~9, 12~14, 17~19)	6종 [승용, 택시, 버스(중형, 대형), 트럭(중형, 대형)]
	속도	간선도로	18	435	2013. 10. 01. ~ 11. 30	평일 6h (7~9, 12~14, 17~19)	-
울산	교통량	도심교차로	33	296	2013. 9. 23. ~ 25 10. 01~08	8h (7~10, 12~14, 17~20)	4종 (승용차, 택시, 버스, 트럭)
		외곽교차로	77			24h	
		시계유출입	2			24h	
		교량	6			24h	
	속도	도심	11	506	2013. 9. 23. ~ 25 10. 01~08	8h (7~10, 12~14, 17~20)	-
		외곽	22				
부산	교통량	도심교차로	13	177	2013. 10. 01. ~ 11. 30	평일 (5개:24h, 8개:14h (06~20))	10종 [승용차, 택시, 이륜차, 승합차, 버스(중형, 대형), 화물차(소형, 중형, 대형), 특수차]
		부도심	25			평일(15개:24h, 10개:14h) (3개일요일14h)	
		시계유출입	12			평일 (1개:24h, 13개:14h)	
		기타	31			평일(15개:24h, 10개:14h) (3개일요일14h)	
	속도	남북축	10	99	2013. 10. 01. ~ 31	24h	-
		동서축	9				
		주요도로	20				

## &lt;표 계속&gt;

도시명		거점명	거점수	링크수	수집율	조사일자	조사시간	차종구분
인천 <sup>1)</sup>	교통량	1차도심	19	292	10.8%	-	16h (06~22)	10종
		2차도심	17					
		도심외곽	34					
		시계유출입	33					
	속도	-	-	-	-	-	-	-
광주	교통량	교차로	61	235	6.7%	2013. 09. 03. ~11. 12	07~22	10종
		시계유출입	16			2013. 10. 09. ~10. 25	24h	
		가로교통량	28			2013. 09. 16. ~10. 25	24h	
	속도	주요도로	19	400	11.5%	2013. 10. 15. ~10. 25	4회 (07:30, 13:00, 18:00, 20:00)	-
대구	교통량	시계유출입	24	70	3.3%	2012. 9. 01. ~30.	평일 24h	10종
		교량	18				평일 24h	
		간선도로	8				평일 6h (7~9, 12~14, 17~19)	
		교차로	34				평일 6h (7~9, 12~14, 17~19)	
	속도	간선도로	32	296	14.1%	2012. 1. 1. ~12. 31	24h	-

주: 인천의 현장조사 통행속도 자료는 없음

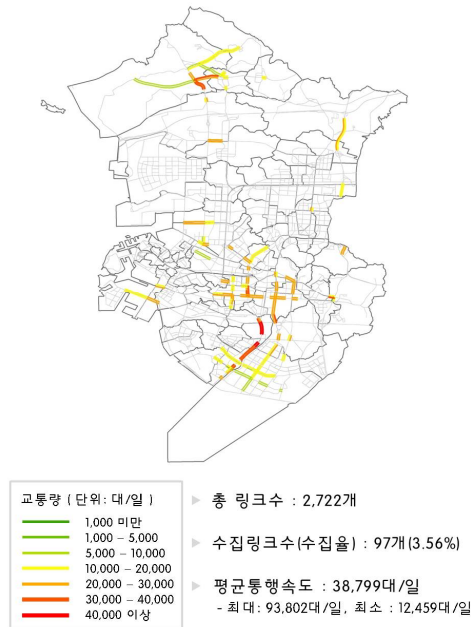
#### 다. 검지기 자료와 현장조사 자료 결합

- 도시별 링크교통량 및 통행속도 현황을 지리정보 프로그램(ArcGIS)에 구현하기 위해 각 자료간 결합(매칭)작업이 필요함
- 다양하게 수집한 자료들은 체계가 서로 달라 링크구분체계를 하나의 형태로 통합하는 작업이 필요함
  - 대다수의 도시에서 ITS검지기를 통한 수집 자료는 ITS표준링크체계를 기반으로 구축되어 있으나, 대전광역시 및 울산광역시는 자체적인 링크구분 체계를 가지고 있어 ITS표준링크 체계로 호환하는 작업이 필요함
  - 모든 광역시의 인력조사를 통한 현장조사는 각 도시 고유의 지점번호를 부여하여 링크의 교통량을 코딩 및 다른 자료형태와 호환이 가능하도록 별도의 작업이 필요함
- 링크체계 내 링크에 대한 각종 속성 정보를 일원화하는 작업이 추가로 필요함
  - 각 링크별 교통량 및 통행속도 자료 구축시, 국토교통부에서 제공하는 교통량정보제공시스템 자료를 최우선으로 준용하며, 그 다음 각 지자체의 ITS검지기 자료를 우선 준용, 현장조사 자료를 가장 후순위로 준용함
  - 편도방향의 교통량만 존재할 경우 방향별 교통량의 비가 50:50임을 가정하고 편도 수집교통량의 2배에 해당하는 값을 최종적인 지점별 수집교통량으로 지정함
  - 각 링크별 공간적인 위치정보는 링크의 중간지점에 위치하는 지점의 위치정보를 사용함
- 각 도시별 교통량 및 통행속도 수집현황은 <그림 5-7> ~ <그림 5-24>와 같음

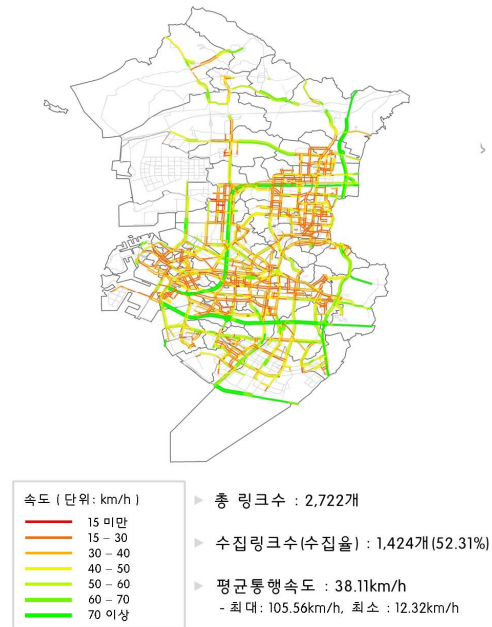
<표 5-8> 도시별 교통량 및 통행속도 수집현황

구분		ITS검지기 DB			현장조사 DB			최종 수집링크수	수집율(%)
		링크 수		수집율(%)	링크 수		수집율(%)		
		총	수집		총	수집			
인천	교통량	2,722	97	3.56	2,690	293	10.76	336	12.47
	속도		1,424	52.31		-	-	1,424	52.31
대전	교통량	2,796	733	26.22	2,797	229	8.19	776	27.75
	속도		734	26.25		428	15.31	786	28.11
광주	교통량	3,471	135	3.89	3,471	220	6.34	308	8.87
	속도		137	3.95		384	11.06	454	13.08
부산	교통량	3,536	-	-	3,536	145	4.10	145	4.10
	속도		2,479	70.11		79	2.23	2,479	70.11
울산	교통량	2,514	204	8.11	2,514	312	12.41	442	17.58
	속도		224	8.91		516	20.53	574	22.83
대구	교통량	2,119	-	-	2,119	71	3.35	71	3.35
	속도		789	37.23		296	13.97	789	37.23

인천광역시 ITS검지기 교통량

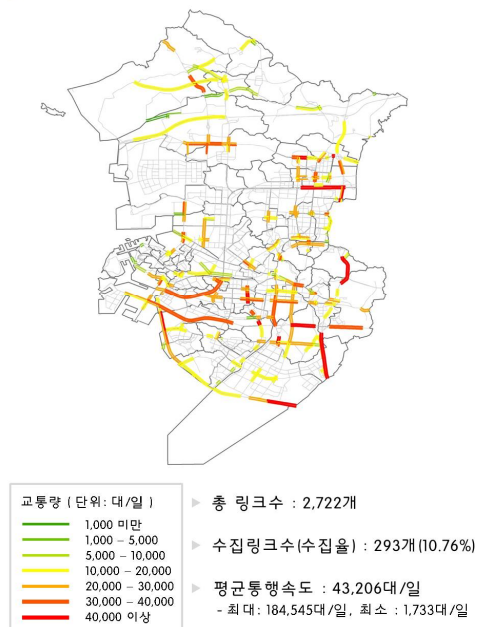


인천광역시 ITS검지기 속도



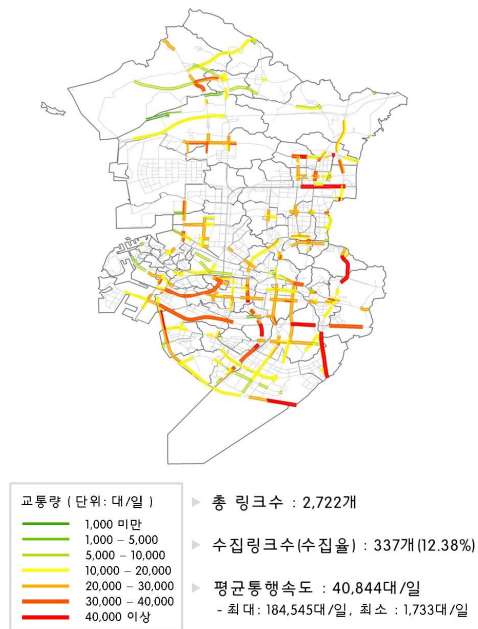
&lt;그림 5-7&gt; 인천광역시 ITS검지기 Data GIS Mapping

인천광역시 현장조사 교통량

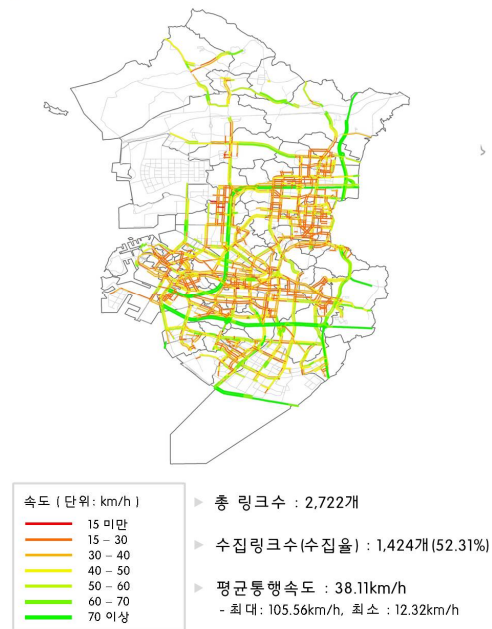


&lt;그림 5-8&gt; 인천광역시 현장조사 Data GIS Mapping

인천광역시 교통량

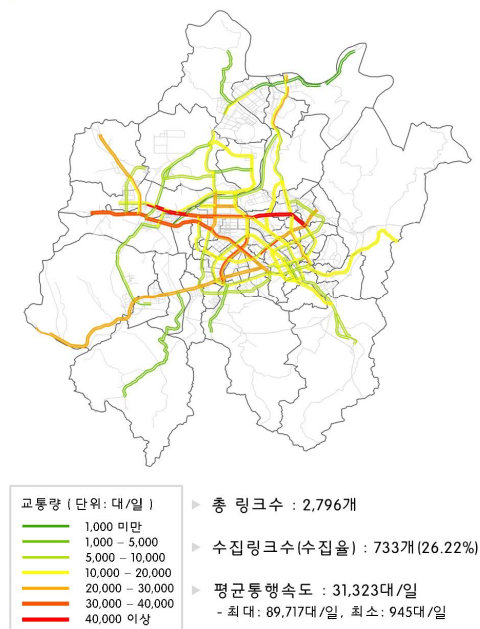


인천광역시 속도

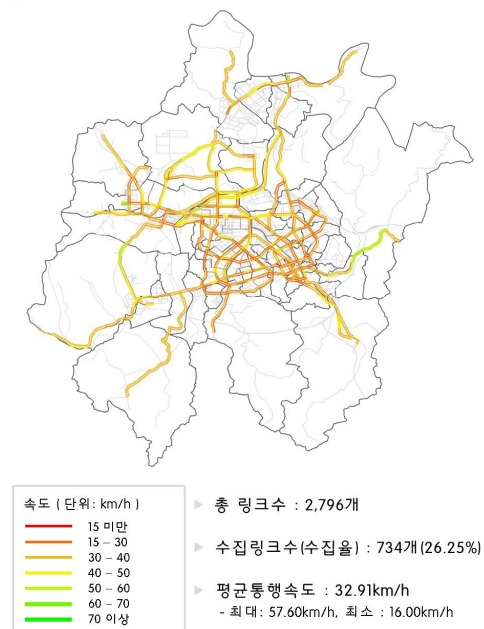


&lt;그림 5-9&gt; 인천광역시 Data GIS Mapping

대전광역시 ITS검지기 교통량

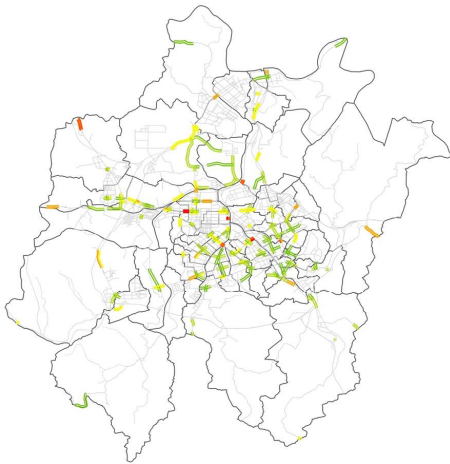


대전광역시 ITS검지기 속도



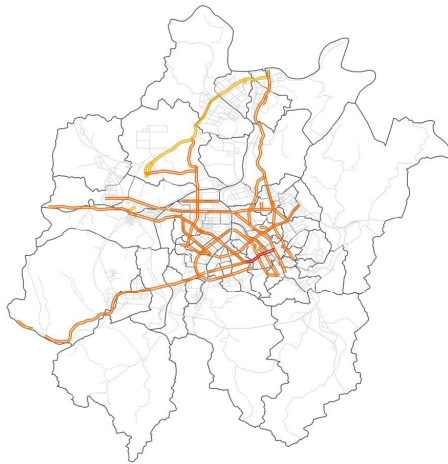
&lt;그림 5-10&gt; 대전광역시 ITS검지기 Data GIS Mapping

대전광역시 현장조사 교통량



교통량 (단위: 대/일)	▶ 총 링크수 : 2,796개
1,000 미만	▶ 수집링크수(수집율) : 229개 (8.19%)
1,000 - 5,000	
5,000 - 10,000	▶ 평균통행속도 : 18.218대/일
10,000 - 20,000	- 최대: 93,680대/일, 최소: 855대/일
20,000 - 30,000	
30,000 - 40,000	
40,000 이상	

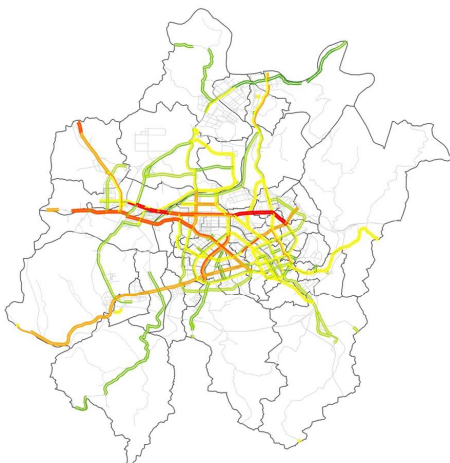
대전광역시 현장조사 속도



속도 (단위: km/h)	▶ 총 링크수 : 2,796개
15 미만	▶ 수집링크수(수집율) : 428개 (15.31%)
15 - 30	
30 - 40	▶ 평균통행속도 : 25.45km/h
40 - 50	- 최대: 30.90km/h, 최소: 20.20km/h
50 - 60	
60 - 70	
70 이상	

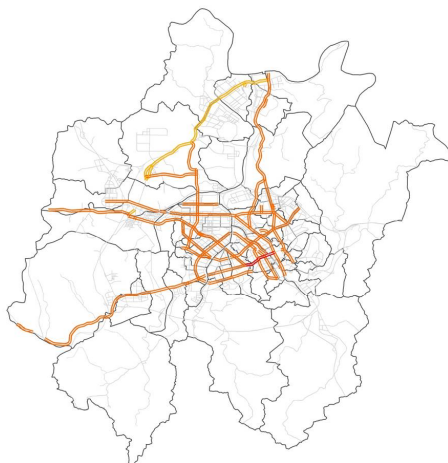
&lt;그림 5-11&gt; 대전광역시 현장조사 Data GIS Mapping

대전광역시 교통량



교통량 (단위: 대/일)	▶ 총 링크수 : 2,796개
1,000 미만	▶ 수집링크수(수집율) : 776개 (27.75%)
1,000 - 5,000	
5,000 - 10,000	▶ 평균통행속도 : 30.465대/일
10,000 - 20,000	- 최대: 89,717대/일, 최소: 855대/일
20,000 - 30,000	
30,000 - 40,000	
40,000 이상	

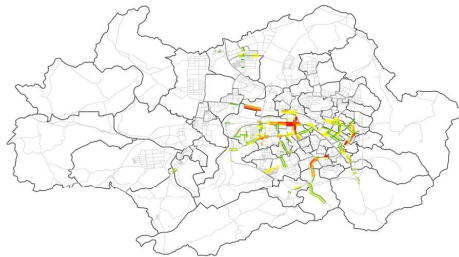
대전광역시 속도



속도 (단위: km/h)	▶ 총 링크수 : 2,796개
15 미만	▶ 수집링크수(수집율) : 786개 (28.11%)
15 - 30	
30 - 40	▶ 평균통행속도 : 32.38km/h
40 - 50	- 최대: 57.60km/h, 최소: 17.45km/h
50 - 60	
60 - 70	
70 이상	

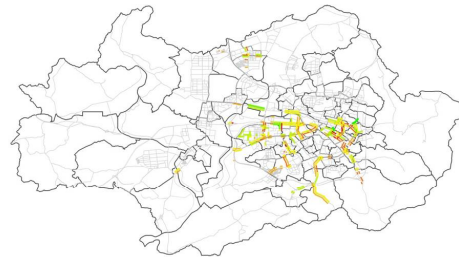
&lt;그림 5-12&gt; 대전광역시 Data GIS Mapping

광주광역시 ITS검지기 교통량



교통량 (단위: 대/일)	▶ 총 링크수 : 3,471개
1,000 미만	▶ 수집링크수(수집율) : 135개 (3.89%)
1,000 ~ 5,000	▶ 평균통행속도 : 18.351대/일
5,000 ~ 10,000	- 최대: 82,700대/일, 최소: 12대/일
10,000 ~ 20,000	
20,000 ~ 30,000	
30,000 ~ 40,000	
40,000 이상	

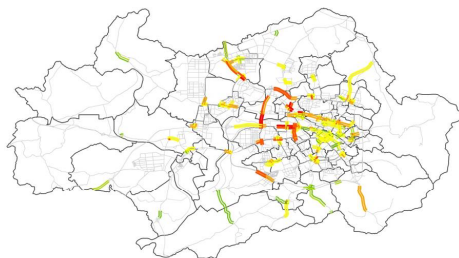
광주광역시 ITS검지기 속도



속도 (단위: km/h)	▶ 총 링크수 : 3,471개
15 미만	▶ 수집링크수(수집율) : 137개 (3.95%)
15 ~ 30	▶ 평균통행속도 : 41.57km/h
30 ~ 40	- 최대: 79.85km/h, 최소: 14.20km/h
40 ~ 50	
50 ~ 60	
60 ~ 70	
70 이상	

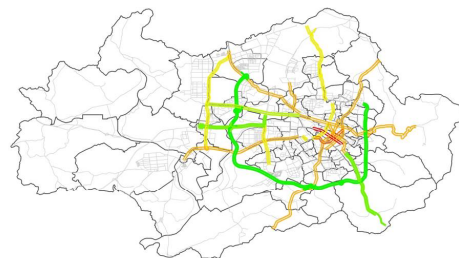
&lt;그림 5-13&gt; 광주광역시 ITS검지기 Data GIS Mapping

광주광역시 현장조사 교통량



교통량 (단위: 대/일)	▶ 총 링크수 : 3,471개
1,000 미만	▶ 수집링크수(수집율) : 220개 (6.34%)
1,000 ~ 5,000	▶ 평균통행속도 : 34.772대/일
5,000 ~ 10,000	- 최대: 209,275대/일, 최소: 2,726대/일
10,000 ~ 20,000	
20,000 ~ 30,000	
30,000 ~ 40,000	
40,000 이상	

광주광역시 현장조사 속도

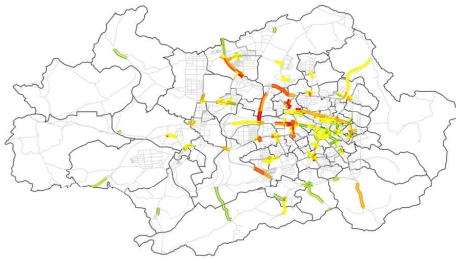


속도 (단위: km/h)	▶ 총 링크수 : 3,471개
15 미만	▶ 수집링크수(수집율) : 384개 (11.06%)
15 ~ 30	▶ 평균통행속도 : 48.44km/h
30 ~ 40	- 최대: 85.61km/h, 최소: 28.25km/h
40 ~ 50	
50 ~ 60	
60 ~ 70	
70 이상	

&lt;그림 5-14&gt; 광주광역시 현장조사 Data GIS Mapping

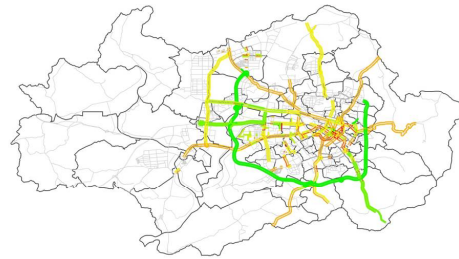


## 광주광역시 교통량



교통량 (단위: 대/일)	▶ 총 링크수 : 3,471개
1,000 미만	▶ 수집링크수(수집율) : 308개 (8.87%)
1,000 ~ 5,000	▶ 평균통행속도 : 27.460대/일
5,000 ~ 10,000	- 최대: 209,275대/일, 최소: 12대/일
10,000 ~ 20,000	
20,000 ~ 30,000	
30,000 ~ 40,000	
40,000 이상	

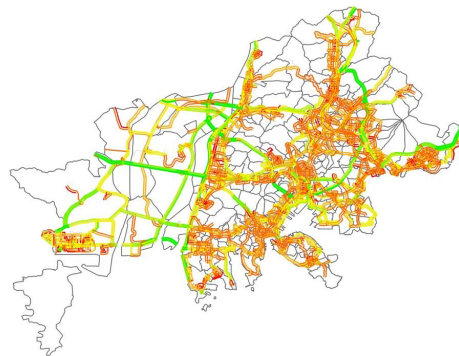
## 광주광역시 속도



속도 (단위: km/h)	▶ 총 링크수 : 3,471개
15 미만	▶ 수집링크수(수집율) : 454개 (13.08%)
15 ~ 30	▶ 평균통행속도 : 47.21km/h
30 ~ 40	- 최대: 85.61km/h, 최소: 18.92km/h
40 ~ 50	
50 ~ 60	
60 ~ 70	
70 이상	

&lt;그림 5-15&gt; 광주광역시 Data GIS Mapping

## 부산광역시 ITS검지기 속도

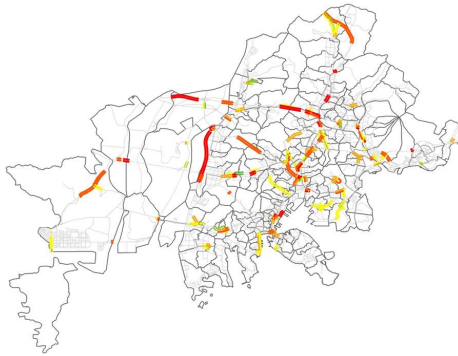


속도 (단위: km/h)	▶ 총 링크수 : 3,536개
15 미만	▶ 수집링크수(수집율) : 2,479개 (70.11%)
15 ~ 30	▶ 평균통행속도 : 31.04km/h
30 ~ 40	- 최대: 94.13km/h, 최소: 10.23km/h
40 ~ 50	
50 ~ 60	
60 ~ 70	
70 이상	

&lt;그림 5-16&gt; 부산광역시 ITS검지기 Data GIS Mapping

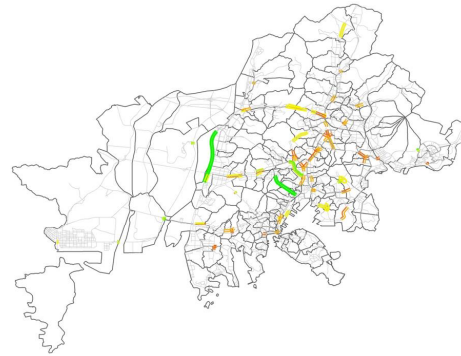


부산광역시 현장조사 교통량



교통량 (단위: 대/일)	▶ 총 링크수 : 3,536개
1,000 미만	▶ 수집링크수(수집율) : 145개 (4.10%)
1,000 - 5,000	▶ 평균통행속도 : 47.167대/일
5,000 - 10,000	- 최대: 121,756대/일, 최소: 1,448대/일
10,000 - 20,000	
20,000 - 30,000	
30,000 - 40,000	
40,000 이상	

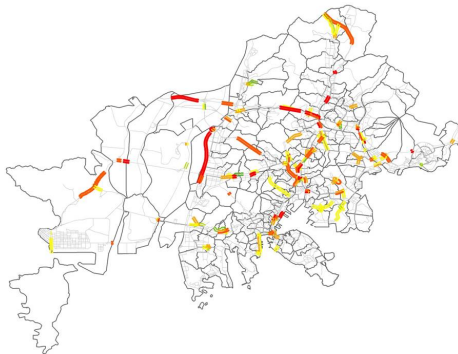
부산광역시 현장조사 속도



속도 (단위: km/h)	▶ 총 링크수 : 3,536개
15 미만	▶ 수집링크수(수집율) : 79개 (2.23%)
15 - 30	▶ 평균통행속도 : 36.50km/h
30 - 40	- 최대: 74.62km/h, 최소: 22.86km/h
40 - 50	
50 - 60	
60 - 70	
70 이상	

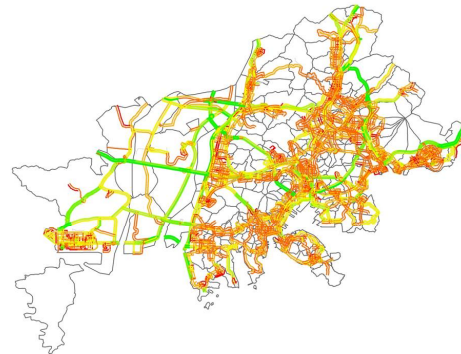
&lt;그림 5-17&gt; 부산광역시 현장조사 Data GIS Mapping

부산광역시 교통량



교통량 (단위: 대/일)	▶ 총 링크수 : 3,536개
1,000 미만	▶ 수집링크수(수집율) : 145개 (4.10%)
1,000 - 5,000	▶ 평균통행속도 : 47.167대/일
5,000 - 10,000	- 최대: 121,756대/일, 최소: 1,448대/일
10,000 - 20,000	
20,000 - 30,000	
30,000 - 40,000	
40,000 이상	

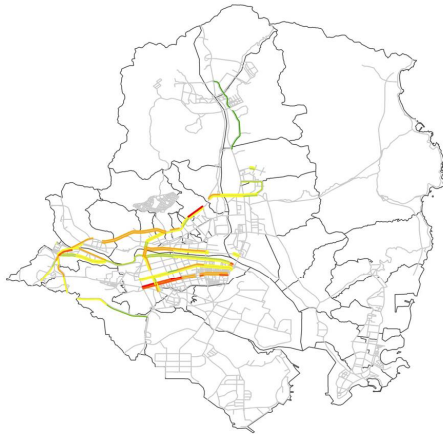
부산광역시 속도



속도 (단위: km/h)	▶ 총 링크수 : 3,536개
15 미만	▶ 수집링크수(수집율) : 2,479개 (70.11%)
15 - 30	▶ 평균통행속도 : 31.05km/h
30 - 40	- 최대: 94.13km/h, 최소: 10.23km/h
40 - 50	
50 - 60	
60 - 70	
70 이상	

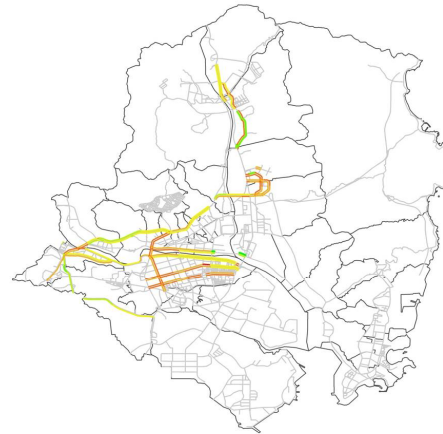
&lt;그림 5-18&gt; 부산광역시 Data GIS Mapping

울산광역시 ITS검지기 교통량



▶ 총 링크수 : 2,514개  
 ▶ 수집링크수(수집율) : 204개 (8.11%)  
 ▶ 평균통행속도 : 28,024대/일  
 - 최대: 78,285대/일, 최소: 751대/일

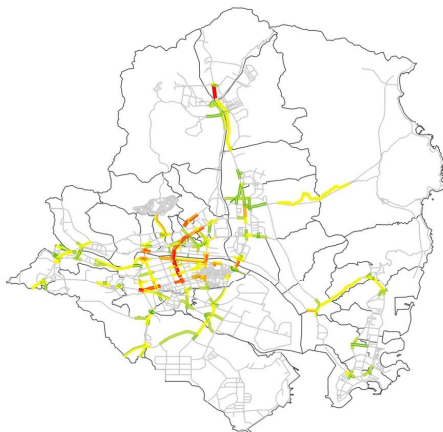
울산광역시 ITS검지기 속도



▶ 총 링크수 : 2,514개  
 ▶ 수집링크수(수집율) : 224개 (8.91%)  
 ▶ 평균통행속도 : 37.24km/h  
 - 최대: 64.45km/h, 최소: 20.22km/h

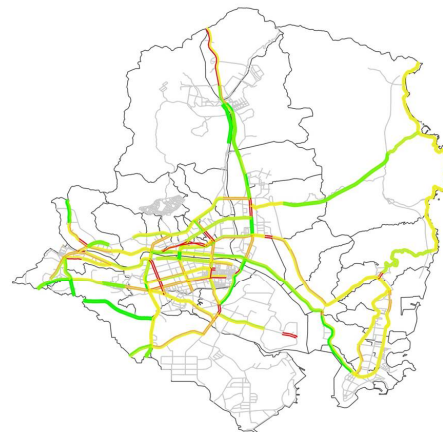
&lt;그림 5-19&gt; 울산광역시 ITS검지기 Data GIS Mapping

울산광역시 현장조사 교통량



▶ 총 링크수 : 2,514개  
 ▶ 수집링크수(수집율) : 312개 (12.41%)  
 ▶ 평균통행속도 : 24,304대/일  
 - 최대: 137,578대/일, 최소: 139대/일

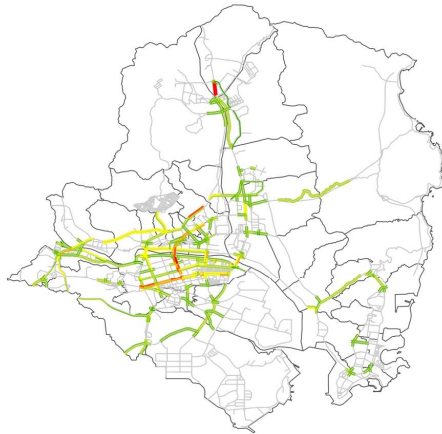
울산광역시 현장조사 속도



▶ 총 링크수 : 2,514개  
 ▶ 수집링크수(수집율) : 516개 (20.53%)  
 ▶ 평균통행속도 : 45.93km/h  
 - 최대: 93.50km/h, 최소: 16.20km/h

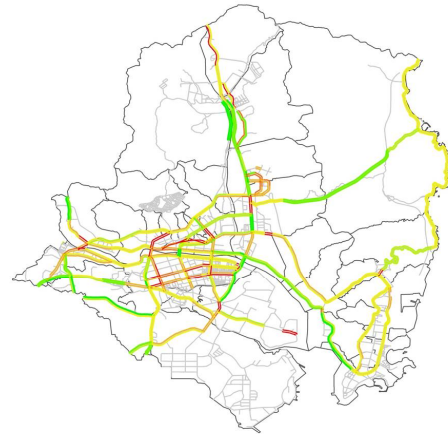
&lt;그림 5-20&gt; 울산광역시 현장조사 Data GIS Mapping

울산광역시 교통량



교통량 (단위: 대/일)	▶ 총 링크수 : 2,514개
1,000 미만	▶ 수집링크수(수집율) : 442개 (17.58%)
1,000 - 5,000	▶ 평균통행속도 : 24.995대/일
5,000 - 10,000	- 최대: 137,578대/일, 최소: 139대/일
10,000 - 20,000	
20,000 - 30,000	
30,000 - 40,000	
40,000 이상	

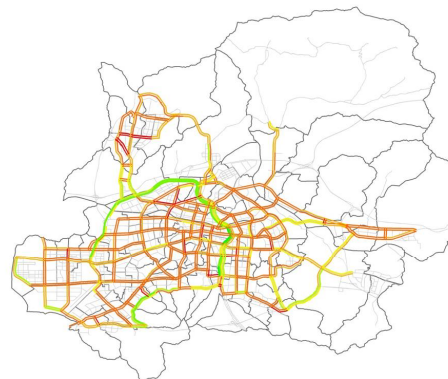
울산광역시 속도



속도 (단위: km/h)	▶ 총 링크수 : 2,514개
15 미만	▶ 수집링크수(수집율) : 574개 (22.83%)
15 - 30	▶ 평균통행속도 : 43.34km/h
30 - 40	- 최대: 93.50km/h, 최소: 16.20km/h
40 - 50	
50 - 60	
60 - 70	
70 이상	

&lt;그림 5-21&gt; 울산광역시 Data GIS Mapping

대구광역시 ITS검지기 속도



속도 (단위: km/h)	▶ 총 링크수 : 2,119개
15 미만	▶ 수집링크수(수집율) : 789개 (37.23%)
15 - 30	▶ 평균통행속도 : 29.79km/h
30 - 40	- 최대: 76.46km/h, 최소: 11.52km/h
40 - 50	
50 - 60	
60 - 70	
70 이상	

&lt;그림 5-22&gt; 대구광역시 ITS검지기 Data GIS Mapping

대구광역시 현장조사 교통량



교통량 (단위: 대/일)	▶ 총 링크수 : 2,119개
1,000 미만	▶ 수집링크수(수집율) : 71개 (3.35%)
1,000 - 5,000	
5,000 - 10,000	
10,000 - 20,000	
20,000 - 30,000	
30,000 - 40,000	
40,000 이상	
	▶ 평균통행속도 : 39.081대/일
	- 최대: 109,668대/일, 최소: 3,382대/일

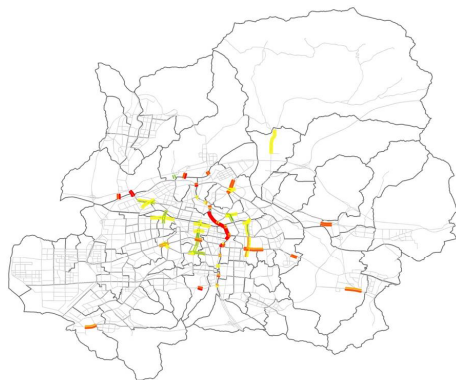
대구광역시 현장조사 속도



속도 (단위: km/h)	▶ 총 링크수 : 2,119개
15 미만	▶ 수집링크수(수집율) : 296개 (13.97%)
15 - 30	
30 - 40	
40 - 50	
50 - 60	
60 - 70	
70 이상	
	▶ 평균통행속도 : 36.26km/h
	- 최대: 56.70km/h, 최소: 20.85km/h

&lt;그림 5-23&gt; 대구광역시 현장조사 Data GIS Mapping

대구광역시 교통량



교통량 (단위: 대/일)	▶ 총 링크수 : 2,119개
1,000 미만	▶ 수집링크수(수집율) : 71개 (3.35%)
1,000 - 5,000	
5,000 - 10,000	
10,000 - 20,000	
20,000 - 30,000	
30,000 - 40,000	
40,000 이상	
	▶ 평균통행속도 : 39.081대/일
	- 최대: 109,668대/일, 최소: 3,382대/일

대구광역시 속도



속도 (단위: km/h)	▶ 총 링크수 : 2,119개
15 미만	▶ 수집링크수(수집율) : 797개 (37.61%)
15 - 30	
30 - 40	
40 - 50	
50 - 60	
60 - 70	
70 이상	
	▶ 평균통행속도 : 29.79km/h
	- 최대: 76.46km/h, 최소: 11.52km/h

&lt;그림 5-24&gt; 대구광역시 Data GIS Mapping

## 제2절 교통량 추정 및 차량주행거리 산정

### 1. 교통측 설정

- 모든 도로를 대상으로 차량주행거리를 산정하는 것이 이상적이나, 현실적으로 모든 도로에 대한 교통DB를 수집하는 것에 대해 한계점이 존재함
- 본 연구에서는 도시부 차량주행거리 산정 시 도시계획상 도로의 기능이 보조간선도로 이상의 도로(도시고속도로, 주간선도로, 보조간선도로)를 대상으로 함
  - 집분산도로 및 국지도로는 지자체에서 조사한 교통자료가 거의 존재하지 않아 해당도로의 차량주행거리를 산출하는데 한계가 있음
- 도로의 기능 구분을 위하여 『도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설-일부개정』(국토해양부, 2012)에서 제시하는 ‘도시지역 도로의 개략적 특성’ 중 정량화 가능성 및 자료구축여부를 감안하여 다음과 같은 구분기준을 설정함
  - 도로기능 구분 기준: 설계속도(km/h), 교차로 최소간격(m), 중앙분리유형
  - 도로기능 구분 결과 검증을 위한 항목: 도로총연장 대비 백분율(%), 도로 최소폭(m)
- 자료구축이 불완전하거나 정량화가 어려운 도로특성 항목은 도로기능 구분 기준에서 제외함
  - 불완전한 자료구축: 도시전체 교통량에 대한 백분율(%), 노상주차여부, 보도설치여부, 최소 차로폭(m)
  - 정량화가 어려운 구분기준: 주기능, 접근관리 수준
- 각 지자체별 도로망을 주간선도로 및 보조간선도로로 세분하여 검증한 결과는 <표 5-9>과 같음
  - 공간프로그램을 이용한 도시별 도로기능 분석결과, 도로전체길이 백분율은 지침의 구분기준과 다소 상이한 것으로 나타남
  - 대다수의 도시에서 도로 배치간격과 최소 도로폭에 대한 지침의 구분기준을 만족함

&lt;표 5-9&gt; 6대 광역시 도로기능 세분화 검정결과

구 분		인천	대전	광주	부산	울산	대구
고속도로	도로전체길이	68.9km	86.6km	53.5km	85.2km	1.0km	107.8km
	백분율	(3.31%)	(7.00%)	(2.57%)	(3.37%)	(0.08%)	(5.74%)
	최소 도로폭	-	-	-	-	-	-
주간선	도로전체길이	231.9km	121.0km	84.6km	259.2km	136.3km	183.4km
	백분율	(11.16%)	(9.78%)	(4.06%)	(10.26%)	(11.02%)	(9.76%)
	최소 도로폭	27m	17m	26m	18m	19m	28m
보조간선	도로전체길이	226.7km	121.5km	94.8km	114.2km	121.2km	93.4km
	백분율	(10.91%)	(9.82%)	(4.55%)	(4.52%)	(9.79%)	(4.98%)
	최소 도로폭	16m	17m	16m	16m	17m	17m

○ 6대광역시 교통축 설정결과는 다음과 같음

&lt;표 5-10&gt; 6대광역시 교통축 설정 결과

구분	총 교통축	도로기능	교통축	대상도로
인 천	93	도시고속도로	6	경인선, 제2경인선, 영동선, 인천국제공항선, 서울외곽순환선, 제3경인고속화도로
		주간선도로	28	경명대로, 경원대로, 경인로, 구월로, 길주로, 남동대로, 드림로, 백범로, 벌말로, 봉수대로, 봉오대로, 부평대로, 계양대로, 비류대로, 서곶로, 소래로, 아나지로, 아암대로, 원당대로, 인주대로, 장제로, 중봉대로, 축항대로, 호구포로, 무네미로, 평천로, 수인로, 송도국제도로, 가정로, 부평부곡, 서달로, 검단로, 매소홀로, 소성로, 독배로, 마장로, 먼우금로, 문화로, 미추홀대로, 방축로, 남동서로, 서해대로, 석정로, 열우물로, 송림로, 안남로, 앵고개로, 염곡로, 원인재로, 원적로, 부흥로, 인하로, 주부토로, 주안로, 예술로, 참외전로, 청능대로, 인중로, 한나루로, 함박피로, 계산새로, 오조산로, 논현고잔로, 굴포로, 효서로, 논고개로, 논현로, 능허대로, 동수로, 충선로, 계양문화로, 부영로, 파랑로, 컨벤시아대로, 센트럴로, 인천타워대로, 아카데미로, 숙골로, 승학로, 용종로, 수변로, 우현로, 고산후로, 인봉로, 장고개로, 제물량로, 체육관로
		보조간선도로	59	경부선, 대전당진선, 대전남부순환선, 중부선, 호남고속지선, 갑천도시고속도로
대 전	51	도시고속도로	6	가정로, 가정북로, 계룡로, 계백로, 금산로, 대전로, 둔산대로, 문지로, 북유성대로, 신탄진로, 엑스포로, 유성대로, 옥천로, 현충원로, 한밭대로, 갈마로, 계족로, 과학로, 금남구죽로, 노은로, 대덕대로, 대둔산로, 대종로, 대학로, 대흥로, 도산로, 동대전로, 동부로, 동서대로, 문예로, 문정로, 문화로, 배재로, 보문로, 서문로, 신상로, 신갈마로, 오류로, 오정로, 우암로, 유천로, 중앙로, 진잠로, 충무로, 태평로
		주간선도로	16	무안광주선, 호남선, 고창담양선, 제2순환선
		보조간선도로	29	남문로, 동곡로, 동문대로, 무진대로, 북문대로, 빛고을대로, 사암로, 영광로, 상무대로, 서문대로, 첨단과기로
광 주	38	도시고속도로	4	군왕로, 금남로, 금화로, 대남대로, 독립로, 무등로, 봉선로, 삼소로, 서암대로, 서하로, 양일로, 어등대로, 우치로, 운천로, 월산로, 제봉로, 죽봉대로, 중앙로, 필문대로, 하남대로, 하서로, 화운로, 효덕로
		주간선도로	11	
		보조간선도로	23	

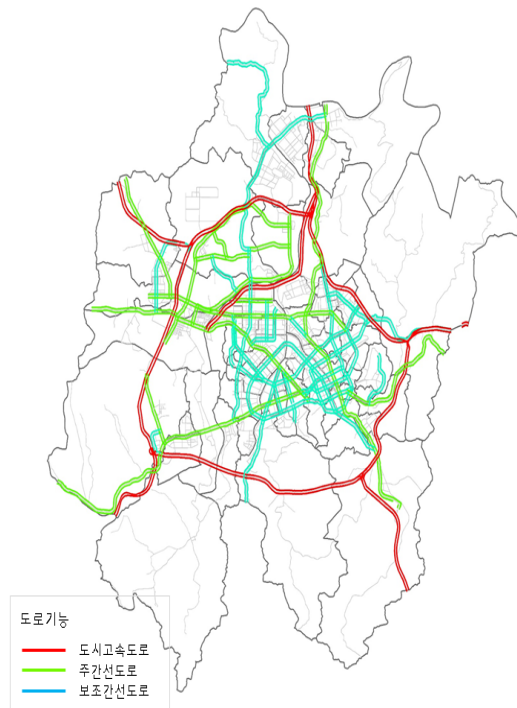
## &lt;표 계속&gt;

구분	총 교통축	도로기능	교통축	대상도로
부 산	105	도시고속도로	9	경부선, 남해선, 남해2지선, 중앙선, 동해선, 동서고가로, 번영로, 관문대로, 장산로
		주간선도로	44	낙동남로, 낙동대로, 대영로, 가락대로, 호계로, 자성로, 수영로, 센텀남대로, 해운대로, 황령대로, 가야대로, 르노삼성대로, 공항로, 신암로, 범천로, 신천대로, 동평로, 연수로, 백양대로, 월드컵대로, 센텀북대로, 낙동북로, 만덕대로, 충렬대로, 좌동로, 금곡대로, 대대로, 보수대로, 학감대로, 충무대로, 감천로, 구덕로, 중앙대로, 대교로, 태종로, 충장대로, 우암로, 전포대로, 거제대로, 좌수영로, 과정로, 수안로, 명륜로, 반송로
		보조간선도로	62	생곡로, 하신중앙로, 상덕로, 용소로, 용호로, 신선대산북로, 동명로, 광남로, 해운대해변로, 수영강변대로, 송정중앙로, 광안해변로, 민락분동로, 사상로, 새싹로, 공항진입로, 연안로, 성지로, 덕천로, 구만덕로, 쇠미로, 반여로, 좌동순환로, APEC로, 센텀중앙로, 대저로, 학장로, 장인로, 새벽로, 광장로, 모덕로, 의성로, 학사로, 화명대로, 흑교로, 노포시송로, 여고로, 종합운동장로, 식물원로, 금정도서관로, 금정로, 서전로, 대청로, 사하로, 감천항로, 범일로, 아시아드대로, 우장춘로, 청룡로, 유엔로, 석포로, 양운로
울 산	84	도시고속도로	2	동해선, 울산선
		주간선도로	26	강남로, 강북로, 남부순환도로, 남산로, 남창로, 대학로, 두왕로, 명륜로, 무룡로, 문수로, 방어진순환도로, 번영로, 봉월로, 산업로, 삼산로, 북부순환도로, 수암로, 아산로, 염포로, 온산로, 울밀로, 웅촌로, 장생포로, 화합로, 태화로, 학문로
		보조간선도로	56	가구거리, 다운로, 대암로, 돌질로, 미포산업로, 봉수로, 신화로, 중앙로, 개운로, 구교로, 꽃대나리로, 난곡로, 남외로, 남중로, 놀재로, 동천서로, 동해안로, 매곡로, 매곡산업로, 매암로, 명촌로, 문현로, 미포로, 부두로, 산성로, 삼호로, 상방로, 성안로, 신탄로, 신선로, 신정로, 아진로, 안산로, 여천로, 오도밸리로, 외솔큰길, 장춘로, 정광로, 정동로, 진장로, 진장유통로, 차용로, 평산로, 호계로, 화봉로, 화산로, 활밤로, 효암로, 효자로, 장생포고개로, 신복로, 어은로, 옥현로, 갈밭로, 산업로440번길, 대공원입구로
대 구	75	도시고속도로	8	중부내륙선, 경부선, 중앙선, 대구포항선, 앞산터널로, 앞산순환로, 범안로, 신천대로
		주간선도로	36	구마로, 구암로, 노원로, 달구벌대로, 달서대로, 대명로, 동대구로, 동부로, 동북로, 동촌로, 두류공원로, 들안로, 매천로, 무열로, 명덕로, 봉덕로, 서대구로, 성서공단로, 송라로, 신암로, 아양로, 안심로, 옥산로, 와룡로, 월곡로, 월배로, 유니버시아드로, 청호로, 화랑로, 칠곡중앙대로, 태전로, 태평로, 팔공로, 팔달로, 호국로, 호암로
		보조간선도로	31	경안로, 공항로, 관음로, 국제보상로, 성당로, 남산로, 달서로, 달성로, 대덕로, 대학로, 동암로, 무학로, 반야월로, 북비산로, 비슬로, 상화로, 성서로, 신천동로, 양지로, 오봉로, 지병로, 중앙대로, 지산로, 진천로, 청수로, 침산남로, 침산로, 파계로, 현충로, 수성로, 대현로

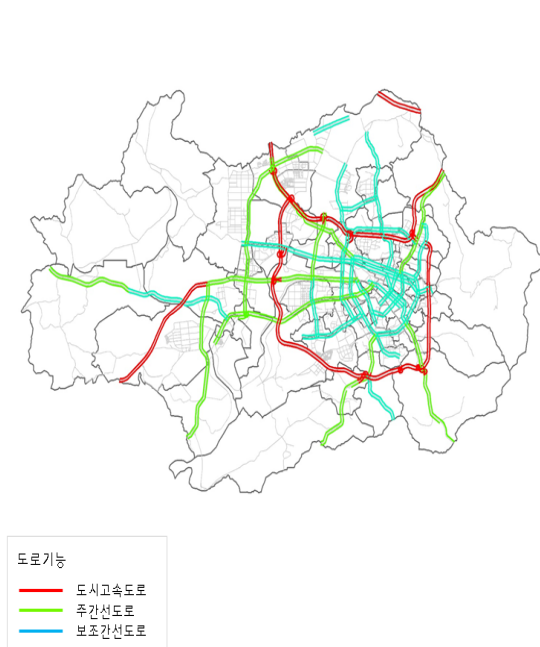




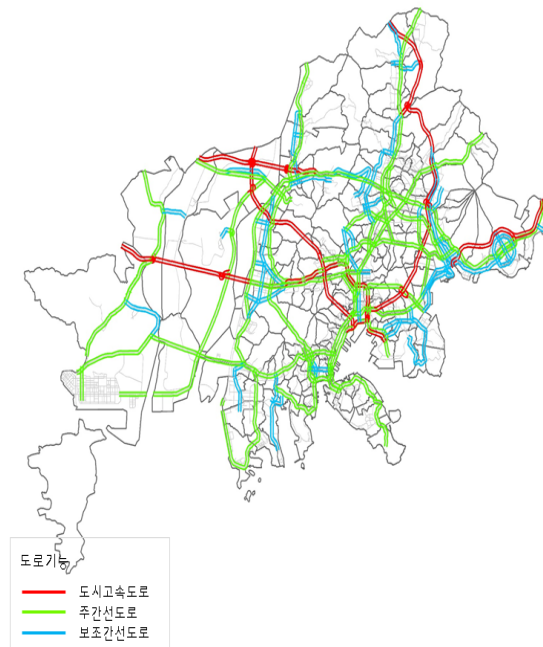
<그림 5-25> 인천광역시 교통축



<그림 5-26> 대전광역시 교통축

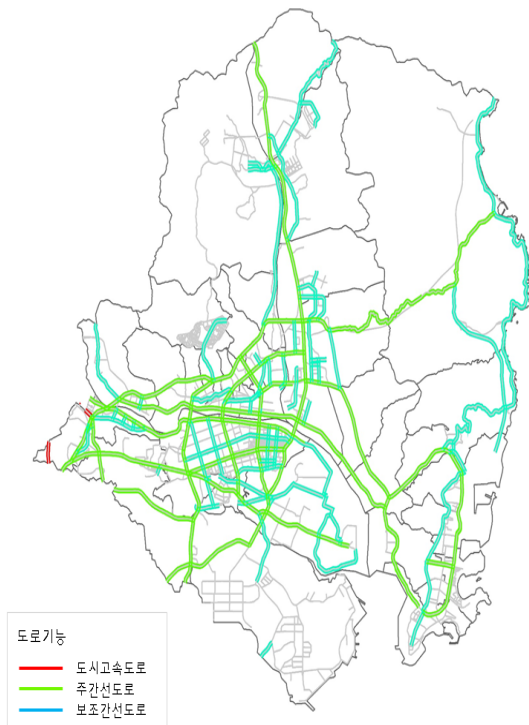


<그림 5-27> 광주광역시 교통축

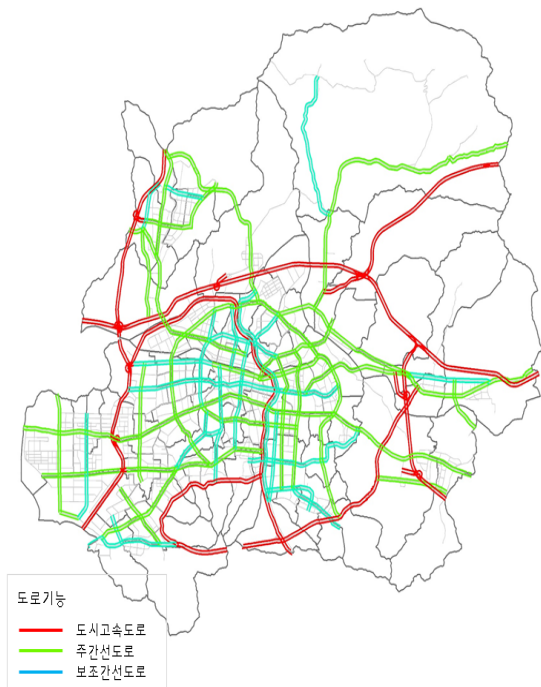


<그림 5-28> 부산광역시 교통축





&lt;그림 5-29&gt; 울산광역시 교통축



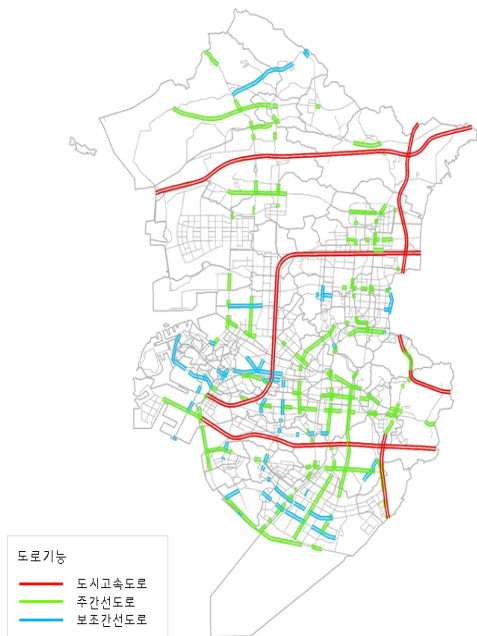
&lt;그림 5-30&gt; 대구광역시 교통축

## 2. 단위구간 설정

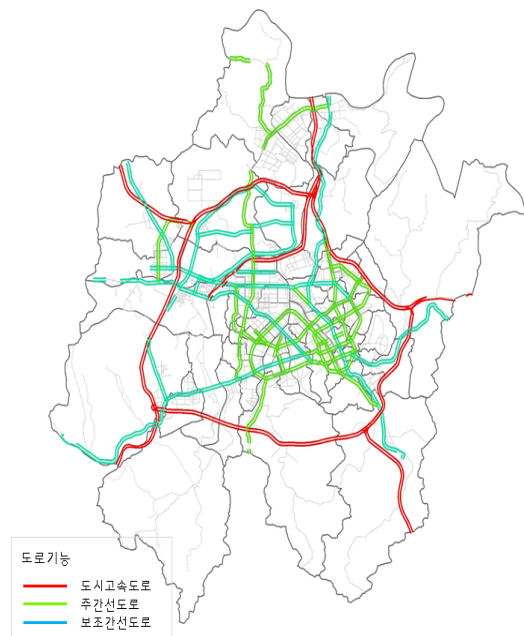
- 2013년 부천시 차량주행거리 산정 시 적용하였던 교차로 기준에 따라 단위구간을 설정함
- 단위구간 내 교통량은 변하지 않고 하나의 값을 가지기 때문에 단위구간 내 수집교통량이 존재하는 링크가 존재할 경우 전체 단위구간의 교통량의 값을 가짐. 2개 이상의 다중의 값이 존재할 경우 링크거리에 대한 가중 평균값을 이용함
- 도시별 단위구간 현황은 <표 5-11>과 같으며 세부사항은 부록에 수록함
  - 고속도로는 교통량정보시스템에서 수시로 조사하여 수집율이 높고, 대체적으로 하위 도로기능인 보조간선도로의 수집율은 낮음
  - 대다수의 도시에서 도로기능에 상관없이 높은 변동계수가 산출되는데 이는 각 도로기능 별로 수집되는 교통량의 정량적 범위가 크다는 것을 의미함. 즉, 수집교통량 별 도로기능의 세분화가 어려움

&lt;표 5-11&gt; 도시별 단위구간 수집 DB자료 현황

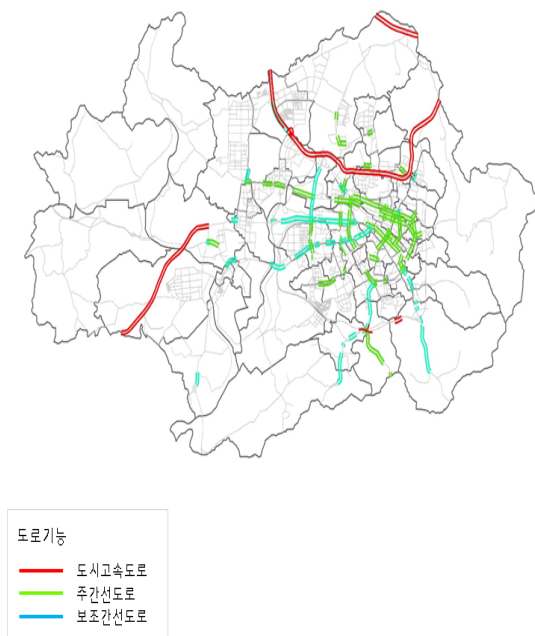
구 분		인천광역시			대전광역시			광주광역시		
교통축 수		93			51			38		
교통량 수집 현황		전체	수집	수집율	전체	수집	수집율	전체	수집	수집율
	도시고속	21	21	100.0	28	28	100.0	20	10	50.0
	주간선	355	195	54.9	192	187	97.4	118	56	47.4
	보조간선	476	80	16.8	257	200	77.8	211	108	51.1
	계	852	296	34.7	477	415	87.0	349	174	49.8
수집 교통량 Data		평균 ( $\mu$ )	표준편차 ( $\sigma$ )	변동계수 ( $\sigma/\mu$ )	평균 ( $\mu$ )	표준편차 ( $\sigma$ )	변동계수 ( $\sigma/\mu$ )	평균 ( $\mu$ )	표준편차 ( $\sigma$ )	변동계수 ( $\sigma/\mu$ )
	도시고속	120,828	62,075	0.5137	35,287	27,811	0.7881	51,761	34,180	0.6603
	주간선	44,810	17,608	0.3929	40,088	21,750	0.5426	35,324	21,643	0.6127
	보조간선	29,296	11,682	0.3988	23,838	13,708	0.5751	28,963	16,711	0.5770
	전체	46,011	31,255	0.6793	31,932	20,390	0.6385	32,320	20,352	0.6297
구 분		부산광역시			울산광역시			대구광역시		
교통축 수		105			77			75		
교통량 수집 현황		전체	수집	수집율	전체	수집	수집율	전체	수집	수집율
	도시고속	39	19	48.7	2	2	100.0	49	16	32.6
	주간선	459	100	21.7	238	168	70.5	297	38	12.7
	보조간선	258	25	9.6	242	83	34.3	201	21	10.4
	계	756	144	19.0	482	253	52.4	547	75	13.7
수집 교통량 Data		평균 ( $\mu$ )	표준편차 ( $\sigma$ )	변동계수 ( $\sigma/\mu$ )	평균 ( $\mu$ )	표준편차 ( $\sigma$ )	변동계수 ( $\sigma/\mu$ )	평균 ( $\mu$ )	표준편차 ( $\sigma$ )	변동계수 ( $\sigma/\mu$ )
	도시고속	61,795	27,655	0.4475	32,935	22,315	0.6775	78,393	37,989	0.4846
	주간선	56,439	21,437	0.3798	31,835	19,223	0.6038	42,159	22,488	0.5334
	보조간선	30,389	11,747	0.3865	16,628	12,540	0.7541	29,884	19,676	0.6584
	전체	52,623	23,353	0.4438	26,855	18,579	0.6918	46,452	30,951	0.6663



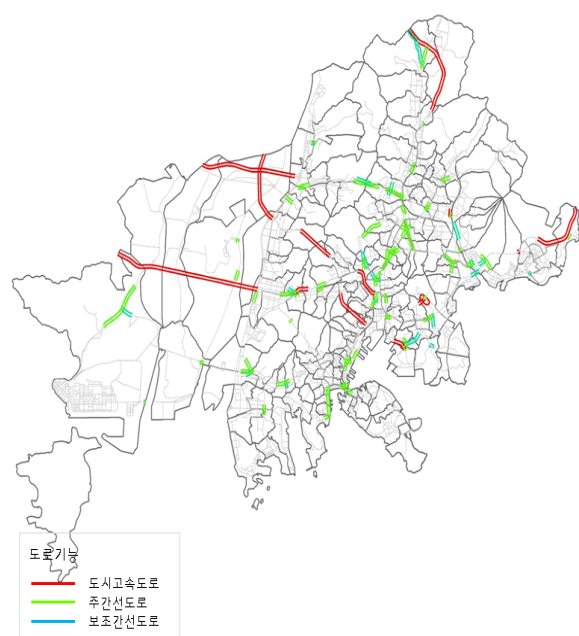
&lt;그림 5-31&gt; 인천광역시 교통량수집 단위구간



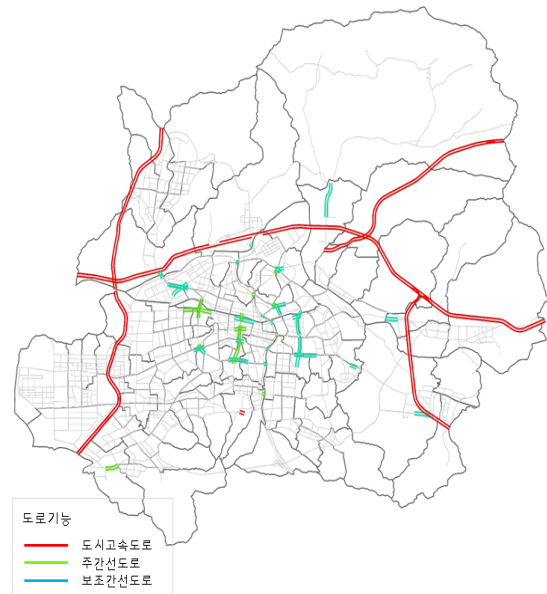
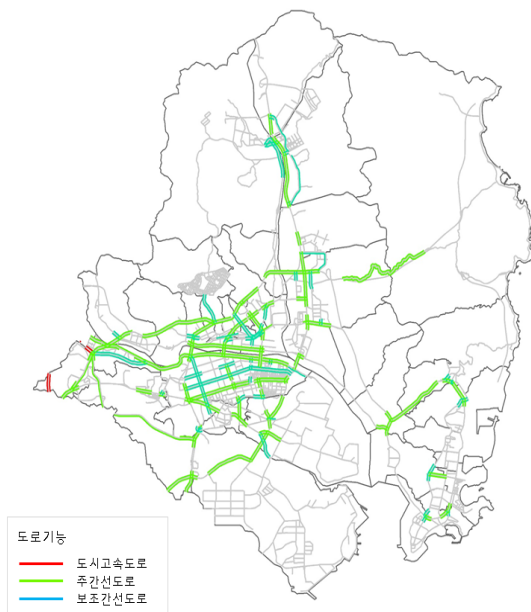
&lt;그림 5-32&gt; 대전광역시 교통량수집 단위구간



&lt;그림 5-33&gt; 광주광역시 교통량수집 단위구간



&lt;그림 5-34&gt; 부산광역시 교통량수집 단위구간



<그림 5-35> 울산광역시 교통량수집 단위구간

<그림 5-36> 대구광역시 교통량수집 단위구간

### 3. 교통량 추정

#### 가. 교통량 추정방법

- 교통량 추정 과정은 크게 5개의 단계(Step)로 구성됨
  - Step 1. 대안 모형 구축
  - Step 2. 모형 간 비교 분석 및 모형 선정
  - Step 3. 모형 적용 결과 오차율 분석
  - Step 4. 모형 보정 및 최종 모형 선정
  - Step 5. 공간통계기법 적용
- 대안 모형 구축(Step 1)단계에서는 미국의 HPMS방법과 회귀모형을 대안으로 설정하여 각각의 방법으로 모형 추정 및 결과를 도출함
- 모형 간 비교 분석 및 모형 선정(Step 2) 단계에서는 HPMS방법과 회귀모형의 결과를 비교하여 오차율 기준 정확성이 높은 모형을 선정함

- 모형 적용 결과 오차율 분석(Step 3)단계에서는 Step 2에서 선정된 모형의 결과를 다양한 측면에서 분석하여 문제점을 검토하는 중간단계임
- 모형 보정 및 최종 모형 선정(Step 4)단계에서는 Step 3에서 진단된 문제점을 보정하기 위한 방안을 도출하고, 이를 적용한 최적 모형을 선정하는 과정임
- 공간통계기법 적용(Step 5)단계에서는 Step 4 모형 적용 결과의 정확도를 향상시키고자 공간통계기법을 적용하는 과정임

## 나. 교통량 추정을 위한 대안 모형 구축

### 1) 대안 모형의 선정

- 교통량을 추정하기 위한 모형은 HPMS에서 제시한 방법과 회귀분석을 이용한 방법으로 구분할 수 있음
- HPMS방법은 표본구역의 자료에 확장계수를 적용하여 전체 구역의 Data를 추론하는 방법임
  - HPMS방법은 표본집단의 특성(예: AADT)이 모집단에도 동일할 것이라는 가정을 전제한 방법으로, 표본구역의 연평균일교통량(AADT) 평균값을 이용하여 교통량을 모르는 다른 단위구간의 교통량을 추정함
  - HPMS방법에서는 표본구역의 자료로부터 전체 모집단(모든 단위구간)의 교통량을 추정하기 위한 방안으로 확장계수(EF, Expansion Factor)를 적용하는데, 이 확장계수는 전체 모집단의 연장 대비 표본구역의 연장의 비율을 적용함
- 회귀분석법은 교통량에 영향을 주는 여러 가지 변수들을 통계적으로 분석하여 교통량과 변수들 간의 상관관계를 종합적으로 분석하고 링크의 교통량을 추정하는 방법임
- 본 연구에서는 교통량 추정 모형 대안으로서 HPMS 방법과 회귀모형을 추정하고자 함

### 2) HPMS 방법

- HPMS 방법은 표본의 평균교통량이 모집단에서도 동일할 것이라는 가정을 기반으로 함
- 본 연구에서는 HPMS 방법을 기본 가정을 준용하되 표본의 평균교통량을 모집단 전체에 적용하는 과정에서 발생 가능한 오차를 줄이기 위해, 모집단과 표본을 도로기능을 기준으로 3개의 층으로 구분하였음

- 도로기능 기준 3개의 층(도시고속도로, 주간선도로, 보조간선도로)으로 분류하고 수집된 표본의 도로기능 별 AADT의 평균값을 산출함
- 이후 회귀분석방법과 비교를 위해 ‘도로기능별 평균 AADT’를 각 기능별 단위구간의 ‘추정 교통량’으로 설정한 후, 단위구간별 참값(수집된 교통량)과 추정값(도로기능별 교통량 평균) 간 절대평균오차율(MAPE)을 산출함
  - 인천은 도시고속도로의 평균교통량이 120,828대/일, 주간선도로의 평균교통량은 44,810대/일, 보조간선도로의 평균교통량은 29,296대/일이고, 이들 평균교통량 기반 HPMS 방법의 오차는 인천 전체 50.4%의 오차를 보임. 또한 인천 전체 차량주행거리 오차는 8.4%임
  - 대전은 각 기능별 평균교통량이 도시고속도로 35,287대/일, 주간선도로 40,088대/일, 보조간선도로 23,838대/일이고, HPMS 방법의 교통량 추정 오차는 91.5%, 전체 차량주행거리 오차는 4.3%임
  - 광주에 각 기능별 평균교통량이 도시고속도로 51,761대/일, 주간선도로 35,324대/일, 보조간선도로 28,963대/일이고, HPMS 방법의 교통량 추정 오차는 127.7%, 전체 차량주행거리 오차는 0.1%임
  - 부산은 각 기능별 평균교통량이 도시고속도로 61,795대/일, 주간선도로 56,439대/일, 보조간선도로 30,389대/일이고, HPMS 방법의 교통량 추정 오차는 65.2%, 전체 차량주행거리 오차는 3.9%임
  - 울산은 각 기능별 평균교통량이 도시고속도로 32,935대/일, 주간선도로 31,835대/일, 보조간선도로 16,628대/일이고, HPMS 방법의 교통량 추정 오차는 113.3%, 전체 차량주행거리 오차는 4.6%임
  - 대구는 각 기능별 평균교통량이 도시고속도로 78,393대/일, 주간선도로 42,159대/일, 보조간선도로 29,884대/일이고, HPMS 방법의 교통량 추정 오차는 71.8%, 전체 차량주행거리 오차는 2.2%임
  - 각 도시별 전체 차량주행거리의 오차는 수치적으로는 높지 않으나 차량주행거리 산정에 사용되는 교통량 추정 결과는 약 50~127%의 오차율을 보이며 다소 높은 오차율을 보임
  - 이는 도시부 교통량은 구간별 교통량의 변동이 크기 때문에 평균교통량을 모든 모집단에 일괄 적용하는 것이 어려움을 나타냄
- 도시별 HPMS방법을 적용한 단위구간별 오차율 및 총 VKT 값은 <표 5-12>와 같음

&lt;표 5-12&gt; 도시별 HPMS방법 적용시 교통량 및 총VKT 추정 결과

도시	구분	전체 단위구간 (개)	교통량 수집 단위구간 (개)	교통량 총합 (대/일)	교통량 평균 (대/일)	HPMS적용시 MAPE (%)	총 VKT 관측값 (대 · km/일)	HPMS적용시 총 VKT (대 · km/일)	총 VKT MAPE (%)
인 천	전체	852	296	13,619,114	46,011	50.4	14,716,113	15,948,820	8.4
	도시고속	21	21	2,537,380	120,828	77.9	7,460,509	8,328,587	11.6
	주간선	355	195	8,738,034	44,810	50.3	5,885,159	6,227,162	5.8
	보조간선	476	80	2,343,700	29,296	43.3	1,370,445	1,393,071	1.7
대 전	전체	477	415	13,251,971	31,932	91.5	10,363,963	9,913,360	4.3
	도시고속	28	28	988,048	35,287	152.4	3,692,825	2,973,350	19.5
	주간선	192	187	7,496,397	40,088	79.0	4,599,748	4,745,107	3.2
	보조간선	257	200	4,767,526	23,838	94.7	2,071,391	2,194,902	6.0
광 주	전체	349	174	5,623,738	32,320	127.7	4,716,174	4,713,724	0.1
	도시고속	20	10	517,614	51,761	106.3	1,553,504	1,629,567	4.9
	주간선	118	56	1,978,154	35,324	91.4	1,703,030	1,639,930	3.7
	보조간선	211	108	3,127,970	28,963	148.5	1,459,641	1,444,227	1.1
부 산	전체	756	144	7,577,683	52,623	65.2	7,908,754	7,600,538	3.9
	도시고속	39	19	1,174,105	61,795	257.2	3,205,994	3,053,575	4.8
	주간선	459	100	5,643,855	56,439	37.5	4,233,293	4,065,269	4.0
	보조간선	258	25	759,723	30,389	30.3	469,467	481,694	2.6
울 산	전체	482	253	6,794,326	26,855	113.3	5,520,544	5,774,058	4.6
	도시고속	2	2	65,870	32,935	62.2	153,787	117,117	23.8
	주간선	238	168	5,348,308	31,835	69.0	4,596,101	4,908,285	6.8
	보조간선	242	83	1,380,147	16,628	204.1	770,656	748,655	2.9
대 구	전체	547	75	3,483,903	46,452	71.8	6,517,857	6,376,757	2.2
	도시고속	49	16	1,254,289	78,393	55.1	5,176,460	5,004,143	3.3
	주간선	297	38	1,602,047	42,159	56.4	1,086,261	1,088,823	0.2
	보조간선	201	21	627,567	29,884	112.4	255,136	283,792	11.2

### 3) 회귀분석 방법

#### ① 회귀모형 추정 방법

- 회귀모형 추정을 위해 가장 먼저 설명변수를 설정하고, 설명변수와 종속변수(교통량) 간 상관관계 분석을 수행함
  - 설명변수는 도시별 사회경제지표, 도로속성 및 기능에 해당하는 항목들이 포함되어 있음
  - 설명변수 중 연속형 변수는 Pearson 상관관계 분석방법을 이용함
  - 설명변수 중 범주형 변수는 Spearman 상관관계 분석방법을 이용함
- 설명변수의 다중공선성에 대한 처리 방법으로서 단계적 회귀분석(Stepwise Regression)방법으로 회귀모형을 추정하며, 회귀모형은 단순회귀모형과 로그변환회귀모형을 추정함
- 본 단계의 주된 목적은 교통량을 정확히 추정할 수 있는 모형을 선정하는 것이기 때문에 결정계수가 높은 모형보다 모형적용 후 산출되는 오차율을 근거로 교통량 추정을 위한 최적모형을 선정함
- 단순회귀모형과 로그변환회귀모형(이후 ‘로그회귀모형’) 중 낮은 오차율을 보이는 모형을 선정함

#### ② 상관관계 분석

- 도시별 교통량과 여러 가지 변수와의 상관관계를 분석한 결과, 대부분의 도시에서 차로 수, 제한속도가 교통량과 연관성이 있는 것으로 나타났으며 자세한 결과는 <표 5-13>과 같음(설명변수 간 상관관계 분석 결과는 부록 참고)
- 상관관계 결과를 이용하여 각 도시별 최적 회귀모형을 구축함. 회귀 식을 추정하기 위한 방법 중 다량의 독립변수 중에서 순차적으로 하나씩 선택하거나 제거하여 가장 좋은 설명력을 보이는 회귀모형을 선택하는 방법인 단계적 회귀분석(Stepwise Regression)방법으로 설명력( $R^2$ )이 가장 높은 모형 구조를 선정함
  - 모든 회귀계수의 추정결과가 유의한 통계량을 갖고, 회귀모형 추정 결과 결정계수( $adj R^2$ )가 가장 높은 모형을 선정함



&lt;표 5-13&gt; 광역시 별 교통량과 설명변수 간 상관관계 분석 결과

		인천	대전	광주	부산	울산	대구
도로기능(고속도로)	상관계수	0.366	0.063	0.138	0.188	0.025	0.191
	유의확률	0.000	0.168	0.070	0.000	0.692	0.000
도로기능(주간선)	상관계수	0.229	0.419	0.104	0.100	0.411	-0.029
	유의확률	0.000	0.000	0.174	0.006	0.000	0.495
도로기능(보조간선)	상관계수	-0.456	-0.442	-0.166	-0.191	-0.418	-0.083
	유의확률	0.000	0.000	0.029	0.000	0.000	0.052
중앙분리유형	상관계수	0.404	0.477	0.339	0.131	0.453	0.072
	유의확률	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.092
차로 수	상관계수	0.358	0.345	0.327	0.123	0.381	0.147
	유의확률	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001
제한속도	상관계수	0.319	0.355	0.172	0.101	0.237	0.139
	유의확률	0.000	0.000	0.024	0.005	0.000	0.001
시가화 여부	상관계수	-0.172	0.055	-0.014	-0.155	0.149	-0.097
	유의확률	0.003	0.228	0.856	0.000	0.017	0.024
평균 교차로간격	상관계수	0.126	0.159	0.156	0.207	0.040	0.143
	유의확률	0.031	0.000	0.040	0.000	0.531	0.001
행정구역_1	상관계수	0.136	-0.077	0.064	0.065	0.173	-0.044
	유의확률	0.019	0.092	0.404	0.076	0.006	0.304
행정구역_2	상관계수	0.079	0.179	-0.023	0.014	-0.233	-0.108
	유의확률	0.173	0.000	0.760	0.709	0.000	0.012
행정구역_3	상관계수	-0.111	0.002	-0.232	0.088	-0.312	0.029
	유의확률	0.057	0.968	0.002	0.016	0.000	0.504
행정구역_4	상관계수	-0.087	-0.014	0.125	0.021	0.239	0.003
	유의확률	0.136	0.755	0.101	0.557	0.000	0.937
행정구역_5	상관계수	0.024	-0.035	0.017	0.077	-	0.023
	유의확률	0.676	0.439	0.820	0.034	-	0.586
행정구역_6	상관계수	0.037	-	-	0.093	-	-0.038
	유의확률	0.526	-	-	0.010	-	0.374
행정구역_7	상관계수	-0.050	-	-	-0.052	-	0.197
	유의확률	0.387	-	-	0.156	-	0.000
행정구역_8	상관계수	-0.211	-	-	-0.064	-	-
	유의확률	0.000	-	-	0.081	-	-
행정구역_9	상관계수	-	-	-	-0.028	-	-
	유의확률	-	-	-	0.437	-	-
행정구역_10	상관계수	-	-	-	-0.036	-	-
	유의확률	-	-	-	0.319	-	-
행정구역_11	상관계수	-	-	-	-0.054	-	-
	유의확률	-	-	-	0.139	-	-
행정구역_12	상관계수	-	-	-	0.000	-	-
	유의확률	-	-	-	0.993	-	-
행정구역_13	상관계수	-	-	-	-0.053	-	-
	유의확률	-	-	-	0.143	-	-
행정구역_14	상관계수	-	-	-	0.019	-	-
	유의확률	-	-	-	0.600	-	-
행정구역_15	상관계수	-	-	-	-0.073	-	-
	유의확률	-	-	-	0.043	-	-
주간선접촉	상관계수	0.249	-0.044	0.143	0.313	-0.022	0.129
	유의확률	0.000	0.335	0.060	0.000	0.728	0.003

- 단계적 회귀분석은 통계프로그램 SPSS를 이용하여 분석하였으며 도시별 단계적 회귀모형의 계수와 변수는 <표 5-14>와 같음
- 각 도시별, 단위구간별 절대평균오차율(MAPE)을 기준으로 두 가지 회귀모형을 비교함
- 두 가지 회귀모형(단순회귀, Log회귀)을 적용한 추정값과 관측값 간의 절대오차율(APE)을 분석한 결과, 모든 도시에서 Log회귀모형을 적용한 APE의 평균값, 즉 MAPE가 더 낮은 결과를 보임
- 일부 도시는 단순회귀방법이 높은 설명력을 보이지만 회귀분석의 목적이 단위구간 추정교통량에 대한 오차율을 최소화하는 것이고, 차량주행거리 산출과정에서 교통량추정결과의 정확성을 요구함. 따라서 설명계수보다는 오차율을 우선적으로 고려하여 로그화한 교통량을 종속 변수로 갖는 회귀모형(Log회귀모형)을 사용함
- 두 가지 회귀모형 추정결과는 <표 5-15>와 같음

&lt;표 5-14&gt; 회귀모형 추정 결과

도시	변수	단순회귀			Log 회귀		
		계수	표준오차	t-statistics	계수	표준오차	t-statistics
인천	Y절편	35,720.26	6,691.26	5.338	10.075	0.138	72.567
	도로기능(보조간선) Dummy	-11,266.34	2,936.13	-3.837	-0.327	0.065	-5.006
	도로기능(도시고속) Dummy	117,659.90	7,581.63	15.519	1.443	0.169	8.518
	평균 교차로 간격	-18,086.58	2,454.98	-7.367	-0.214	0.052	-4.105
	차로 수	4,376.73	819.18	5.342	0.106	0.018	5.745
	행정구역 (남동구) Dummy	-6,783.52	2,582.49	-2.626	-0.119	0.057	-2.057
	시가화 여부	-9,186.66	2,868.31	-3.202	-	-	-
	$R^2$ / $adj R^2$	$R^2=0.605$ / 수정 $R^2=0.596$			$R^2=0.419$ / 수정 $R^2=0.409$		
대전	Y절편	-58,818.46	11,150.96	-5.274	7.666	0.276	27.745
	도로기능(보조간선) Dummy	25,565.70	5,415.74	4.720	-	-	-
	차로 수	4,103.34	513.04	7.998	0.127	0.018	6.873
	평균 교차로 간격	11,986.93	1,675.24	7.155	0.506	0.060	8.393
	행정구역 (유성구) Dummy	-14,099.18	2,044.77	-6.895	-0.611	0.074	-8.305
	도로기능(주간선) Dummy	34,553.86	4,939.95	6.994	0.305	0.068	4.496
	시가화 여부	8,968.13	2,552.04	3.514	0.421	0.092	4.581
	제한속도	435.36	136.46	3.189	0.018	0.005	3.739
	행정구역 (대덕구) Dummy	-6,130.42	1,942.75	-3.155	-0.157	0.070	-2.252
	도로기능(도시고속) Dummy	-	-	-	-1.314	0.195	-6.741
	$R^2$ / $adj R^2$	$R^2=0.478$ / 수정 $R^2=0.467$			$R^2=0.482$ / 수정 $R^2=0.472$		

&lt;표 계속&gt;

도시	변수	단순회귀			Log 회귀		
		계수	표준오차	t-statistics	계수	표준오차	t-statistics
광주	Y절편	-34,068.15	8,526.62	-3.996	8.204	0.383	21.402
	제한속도	668.32	113.18	5.905	0.019	0.005	3.830
	차로 수	3,219.62	609.25	5.285	0.107	0.026	4.131
	행정구역 (북구) Dummy	10,326.44	2,863.38	3.606	0.358	0.127	2.823
	행정구역 (동구) Dummy	-	-	-	-0.333	0.169	-1.972
	$R^2$ / $adj R^2$	$R^2=0.283$ / 수정 $R^2=0.270$			$R^2=0.234$ / 수정 $R^2=0.216$		
부산	Y절편	13,850.69	12,552.67	1.103	10.468	0.154	68.059
	도로기능(보조간선) Dummy	-20,306.52	4,701.25	-4.319	-0.508	0.113	-4.508
	차로 수	2,706.27	950.21	2.848	0.061	0.023	2.643
	제한속도	363.29	151.26	2.402	-	-	-
	행정구역 (동래구) Dummy	13,226.09	5,662.08	2.336	-	-	-
	행정구역 (동구) Dummy	21,662.74	10,218.74	2.120	-	-	-
	$R^2$ / $adj R^2$	$R^2=0.304$ / 수정 $R^2=0.279$			$R^2=0.213$ / 수정 $R^2=0.202$		
울산	Y절편	4,037.58	3935.60	1.026	9.690	0.383	21.402
	행정구역 (남구) Dummy	8,104.46	2390.69	3.390	-	-	-
	행정구역 (중구) Dummy	12,660.03	2870.95	4.410	-	-	-
	도로기능(보조간선) Dummy	-6,918.32	2352.34	-2.941	-0.531	0.100	-5.310
	차로 수	3,318.19	587.55	5.647	0.108	0.025	4.292
	행정구역 (동구) Dummy	-	-	-	-0.512	0.173	-2.949
	행정구역 (북구) Dummy	-	-	-	-0.697	0.107	-6.544
	$R^2$ / $adj R^2$	$R^2=0.304$ / 수정 $R^2=0.293$			$R^2=0.391$ / 수정 $R^2=0.382$		
대구	Y절편	-32035.48	7894.25	-4.058	8.586	0.180	47.689
	도로기능(도시고속) Dummy	48243.53	5126.20	9.411	0.994	0.117	8.524
	차로 수	9381.38	1051.31	8.923	0.231	0.025	9.369
	행정구역 (북구) Dummy	18869.53	4931.11	3.826	0.453	0.115	3.943
	행정구역 (수성구) Dummy	-	-	-	0.302	0.135	2.242
	$R^2$ / $adj R^2$	$R^2=0.686$ / 수정 $R^2=0.672$			$R^2=0.702$ / 수정 $R^2=0.685$		

&lt;표 5-15&gt; 회귀모형을 적용한 교통량 추정 오차율 분포

오차율	인천		대전		광주		부산		울산		대구	
	단순회귀	Log 회귀	단순회귀	Log 회귀	단순회귀	Log 회귀	단순회귀	Log 회귀	단순회귀	Log 회귀	단순회귀	Log 회귀
100% 이상	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	2	0
90% 이상~100% 미만	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
80% 이상~90% 미만	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	1	0
70% 이상~80% 미만	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
60% 이상~70% 미만	3	0	6	4	3	7	0	0	1	10	1	1
50% 이상~60% 미만	3	5	11	18	4	14	3	5	8	20	1	2
40% 이상~50% 미만	10	16	14	45	15	23	5	7	18	26	1	4
30% 이상~40% 미만	22	32	50	28	12	21	9	13	23	22	3	6
20% 이상~30% 미만	34	34	28	43	23	8	16	18	23	26	9	11
10% 이상~20% 미만	30	41	36	42	11	16	16	22	13	23	9	2
0% 이상~10% 미만	38	37	43	27	14	11	18	13	22	10	7	10
-10% 이상~0% 미만	34	29	32	51	13	11	14	15	15	12	4	9
-20% 이상~10% 미만	27	25	18	33	5	9	17	10	18	10	8	10
-30% 이상~20% 미만	18	14	18	6	10	7	7	9	8	7	5	5
-40% 이상~30% 미만	22	16	33	7	11	6	8	8	12	13	9	2
-50% 이상~40% 미만	12	8	9	13	5	4	7	4	10	16	4	1
-60% 이상~50% 미만	6	8	6	11	6	2	6	7	6	6	2	2
-70% 이상~60% 미만	6	7	19	8	0	3	4	2	11	7	1	2
-80% 이상~70% 미만	5	3	9	18	3	2	2	3	7	5	0	2
-90% 이상~80% 미만	3	2	3	15	2	3	2	1	9	6	0	2
-100% 이상~90% 미만	4	1	12	7	3	3	1	0	7	5	1	1
-100% 미만	19	17	61	35	34	24	9	7	41	28	7	3
계	296	296	415	415	174	174	144	144	253	253	75	75
MAPE	45.1%	40.2%	61.5%	49.2%	100.2%	83.5%	58.72%	53.30%	86.8%	71.9%	48.3%	31.5%
APE 표준편차	1.2854	0.9806	1.4531	1.1305	2.4008	1.9413	3.0589	2.5378	2.4662	1.8501	0.7914	0.3080
최대오차율	68.1%	72.9%	161.3%	81.2%	66.2%	67.6%	56.8%	59.8%	87.4%	91.0%	487.7%	66.4%
최소오차율	-1916.1%	-1438.0%	-2380.5%	-1822.2%	-1824.8%	-1534.1%	-3673.8%	-3048.7%	-3396.5%	-2661.0%	-160.0%	-148.2%

#### 다. 모형 간 비교 분석 및 모형 선택

- HPMS 방법과 Log회귀모형을 적용한 결과를 바탕으로 두 방법 중 정확성이 우수한 모형을 선정함
- 두 방법 적용 결과의 오차율을 비교한 결과, HPMS 방법보다 회귀모형 적용 결과가 정확성 측면에서 우수한 결과를 보임
  - 모든 도시의 전체 평균오차율 뿐만 아니라, 도로기능별 평균오차율(MAPE)에서 HPMS방법보다 회귀모형의 평균오차율이 더 낮은 결과를 보임
- HPMS 방법과 Log회귀모형 결과 비교를 통해 본 연구에서는 정확성 측면에서 더 우수한 Log회귀모형을 활용하여 교통량 추정을 하고자 함

<표 5-16> HPMS와 회귀모형 교통량 및 VKT 추정 오차 비교

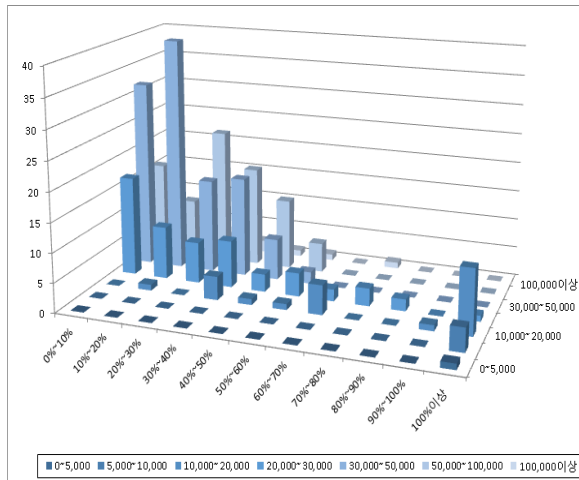
오차율			인천				대전			
			전체	도시고속	주간선	보조간선	전체	도시고속	주간선	보조간선
교통량 추정	MAPE (%)	HPMS	50.4	77.9	50.3	43.3	91.5	152.4	79.0	94.7
		회귀모형	40.2	49.6	40.7	36.7	49.3	41.9	44.2	55.1
오차율			광주				부산			
			전체	도시고속	주간선	보조간선	전체	도시고속	주간선	보조간선
교통량 추정	MAPE (%)	HPMS	127.7	106.3	91.4	148.5	65.2	257.2	37.5	30.3
		회귀모형	83.5	78.5	68.6	91.8	53.3	190.3	33.5	28.5
오차율			울산				대구			
			전체	도시고속	주간선	보조간선	전체	도시고속	주간선	보조간선
교통량 추정	MAPE (%)	HPMS	113.3	62.2	69.0	204.1	71.8	55.1	56.4	112.4
		회귀모형	72.0	50.6	52.3	112.2	31.5	21.4	31.7	38.9

#### 라. 모형 적용결과 오차율 분석

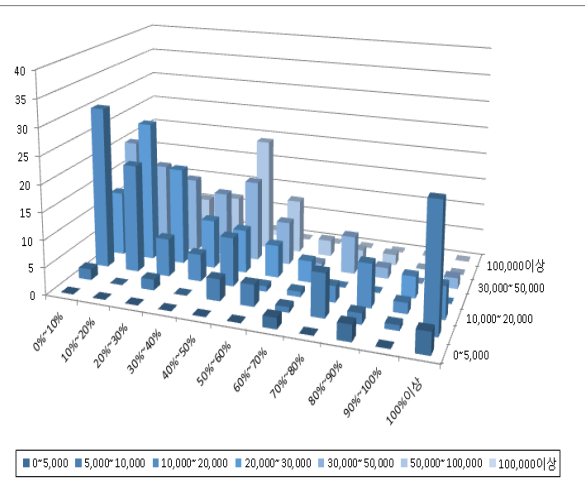
- 수집교통량을 7그룹으로 나누어 그룹별 추정교통량 오차율에 대한 분포를 분석함
- 분석 결과 주로 관측교통량이 적은 단위구간 그룹에서 100%이상 높은 오차율을 보이는 단위구간 수가 타 교통량 그룹에 비해 많이 분포해 있음. 즉, 오차율(MAPE)이 높은 단위구간의 특징이 주로 수집교통량이 적은 곳에서 발생하고 있음

&lt;표 5-17&gt; 교통량(AADT) 규모별 회귀모형 오차율 분포

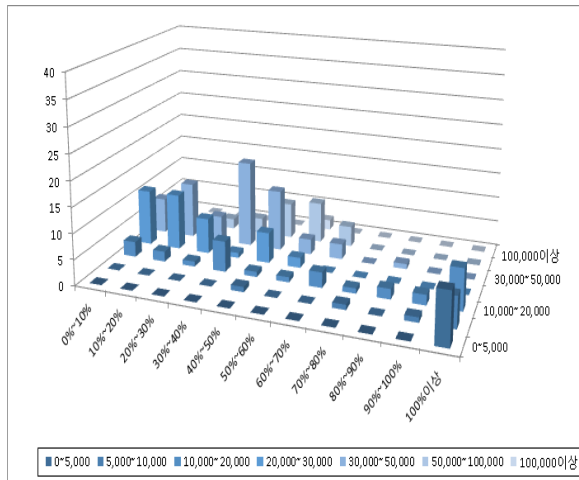
도시	교통량	오차율										
		0% ~10%	10% ~20%	20% ~30%	30% ~40%	40% ~50%	50% ~60%	60% ~70%	70% ~80%	80% ~90%	90% ~100%	100% 이상
인천	0~5,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	5,000~10,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	10,000~20,000	0	1	0	4	1	1	5	0	0	1	11
	20,000~30,000	17	9	7	8	3	4	2	3	2	0	1
	30,000~50,000	32	41	16	17	7	2	0	0	0	0	0
	50,000~100,000	16	10	23	17	12	5	0	0	0	0	0
	100,000이상	1	5	2	2	1	1	0	1	0	0	0
대전	0~5,000	0	0	0	0	0	0	2	0	3	0	4
	5,000~10,000	2	0	2	0	4	4	1	8	2	1	23
	10,000~20,000	30	20	7	5	9	1	1	3	8	2	6
	20,000~30,000	12	26	18	9	8	6	4	0	0	4	0
	30,000~50,000	20	16	14	12	15	8	1	7	2	0	2
	50,000~100,000	14	13	8	9	21	10	3	2	2	0	0
	100,000이상	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
광주	0~5,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
	5,000~10,000	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	6
	10,000~20,000	3	2	1	6	1	1	3	1	2	2	8
	20,000~30,000	11	11	7	1	6	2	0	0	0	0	0
	30,000~50,000	7	11	5	17	12	3	3	0	1	0	0
	50,000~100,000	1	1	2	3	7	8	4	0	0	0	0
	100,000이상	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
부산	0~5,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	5,000~10,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10,000~20,000	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	4
	20,000~30,000	6	2	3	1	0	4	2	2	1	0	2
	30,000~50,000	10	11	7	7	4	3	0	0	0	0	0
	50,000~100,000	12	19	17	12	5	2	0	0	0	0	0
	100,000이상	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0
울산	0~5,000	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	15
	5,000~10,000	2	2	2	0	2	3	0	0	0	1	3
	10,000~20,000	7	10	6	12	9	6	9	4	1	4	7
	20,000~30,000	10	10	7	10	12	6	1	1	4	0	5
	30,000~50,000	2	10	10	7	11	7	5	0	0	0	0
	50,000~100,000	1	1	8	6	7	4	2	0	0	0	0
	100,000이상	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
대구	0~5,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	5,000~10,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10,000~20,000	1	4	1	2	0	1	0	1	1	1	0
	20,000~30,000	4	3	7	0	0	0	2	0	1	0	1
	30,000~50,000	5	1	1	2	3	2	0	1	0	0	0
	50,000~100,000	7	4	5	3	2	1	1	0	0	0	0
	100,000이상	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0



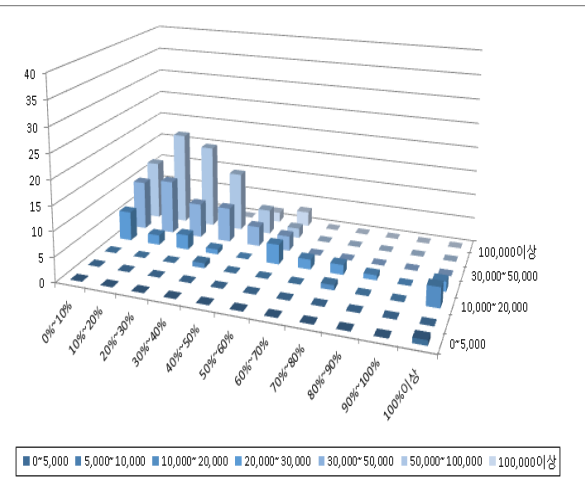
&lt;그림 5-37&gt; 인천광역시 교통량별 오차율



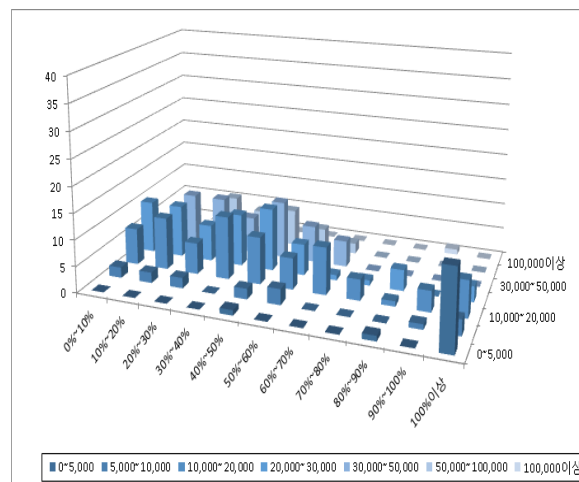
&lt;그림 5-38&gt; 대전광역시 교통량별 오차율



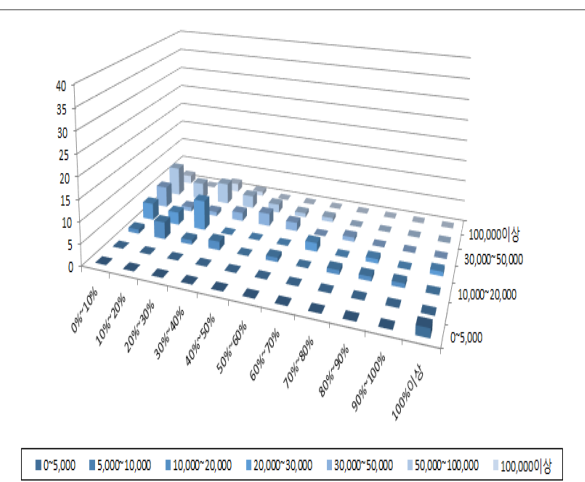
&lt;그림 5-39&gt; 광주광역시 교통량별 오차율



&lt;그림 5-40&gt; 부산광역시 교통량별 오차율



&lt;그림 5-41&gt; 울산광역시 교통량별 오차율



&lt;그림 5-42&gt; 대구광역시 교통량별 오차율

- 적은 교통량에 오차율이 급격히 높아지는 것을 보정하기 위해 교통량에 대한 가중평균을 산출하여 오차율 식에서 작은 분모(수집교통량)에 대한 오차율을 보정하고자 함
- 교통량가중 평균절대오차율을 산출한 결과 기존 방법에 비해 오차율이 낮아지는 것을 볼 수 있으며, 이는 교통량이 적은 구간에서 오차율이 높은 것을 나타냄
  - 도시마다 교통량 추정 오차율이 평균 10%의 감소함
  - 교통량이 적은 단위구간에서 오차율이 크게 나타나는 것을 보정하는 방법으로 교통량 가중 MAPE를 도시 모형에 대한 정확성 지표로 활용함

&lt;표 5-18&gt; 교통량 가중 MAPE

도시	구분	전체 단위구간 (개)	교통량 수집 단위구간 (개)	수집율 (%)	교통량 평균 ( $\mu$ ) (대/일)	교통량 표준편차 ( $\sigma$ ) (대/일)	변동 계수 ( $\sigma/\mu$ )	전통적 MAPE(%)	교통량 가중 MAPE(%)
인천	전체	852	296	34.7	46,011	31,255	0.6793	40.2	28.3
	도시고속	21	21	100.0	120,828	62,075	0.5137	49.6	31.2
	주간선	355	195	54.9	44,810	17,608	0.3929	40.7	27.5
	보조간선	476	80	16.8	29,296	11,682	0.3988	36.7	28.8
대전	전체	477	415	87.0	31,932	20,390	0.6385	49.3	34.7
	도시고속	28	28	100.0	35,287	27,810	0.7881	41.9	35.2
	주간선	192	187	97.4	40,088	21,750	0.5426	44.2	34.6
	보조간선	257	200	77.8	23,838	13,708	0.5751	55.1	34.7
광주	전체	349	174	49.9	32,320	20,352	0.6297	83.5	42.9
	도시고속	20	10	50.0	51,761	34,180	0.6603	78.5	50.9
	주간선	118	56	47.5	35,324	21,643	0.6127	68.6	43.2
	보조간선	211	108	51.2	28,963	16,711	0.5770	91.8	41.3
부산	전체	756	144	19.0	52,623	23,353	0.4438	53.3	29.8
	도시고속	39	19	48.7	61,795	27,655	0.4475	190.3	37.1
	주간선	459	100	21.8	56,439	21,437	0.3798	33.5	28.5
	보조간선	258	25	9.7	30,389	11,747	0.3865	28.5	27.8
울산	전체	482	253	52.5	26,855	18,579	0.6918	72.0	42.7
	도시고속	2	2	100.0	32,935	22,315	0.6775	50.6	36.7
	주간선	238	168	70.6	31,835	19,223	0.6038	52.3	40.9
	보조간선	242	83	34.3	16,628	12,540	0.7541	112.2	50.0
대구	전체	547	75	13.7	46,452	30,951	0.6663	31.5	25.2
	도시고속	49	16	32.7	78,393	37,989	0.4846	21.4	17.4
	주간선	297	38	12.8	42,159	22,488	0.5334	31.7	28.9
	보조간선	201	21	10.4	29,884	19,676	0.6584	38.9	31.2



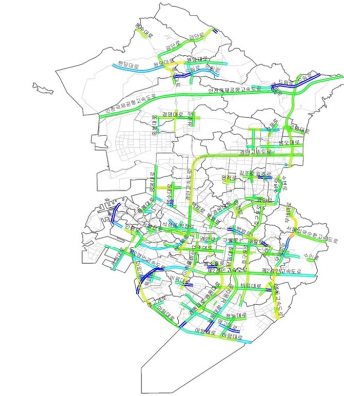
- 또한 MAPE가 갖는 한계점에 대한 다른 보완책으로 ‘오차’를 함께 병행하여 제시함
  - 추정값의 정확도를 나타내는데 쓰이는 일반적인 지표인 절대오차율(APE)은 ‘오차’가 같더라도 관측값(참값)에 따라 비율이 달라짐
  - 절대오차율 산정식에서 낮은 관측값으로 인해 높은 오차율을 보일 수 있어, 주로 교통량이 낮은 단위구간에서 높은 오차율을 보이는 경향이 있음
- ‘절대오차(AE)’ 분석결과 도시별 평균오차(MAE, Mean Absolute Error)는 10,000~15,000 대/일 임. 각 도시별 절대평균오차율(MAPE)은 넓은 범위의 오차율 분포를 보이고 있는 반면에, 절대평균오차(MAE)는 도시에 상관없이 비슷한 값을 보이고 있음

<표 5-19> 도시별 회귀모형에 대한 오차 및 오차율 분석

	오차 (대/일)	오차율 (%)	
	MAE	MAPE	교통량 가중 MAPE
대전	11,086	49.3	34.7
인천	12,812	45.2	28.3
광주	10,976	83.5	42.9
부산	15,656	53.3	29.8
울산	11,696	72.0	42.7
대구	11,693	31.5	25.2

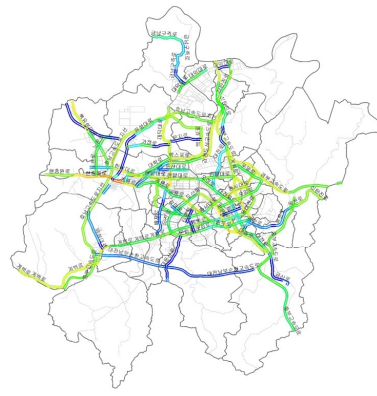
- 또한 교통량 추정 오차율을 도시별 단위구간의 분포와 함께 살펴본 결과(<그림 5-43>~<그림 5-48>) 오차율이 높은 단위구간은 주로 도시의 외곽지역(도시별 형성되어 있는 도심 중심부 기준 외곽 지역)에 위치하고 있는 것을 알 수 있음
- 상기한 모형 적용 결과의 오차율 분석을 통해 다음과 같은 문제점 및 개선 방향을 도출 할 수 있음
  - 교통량이 낮은 곳에서 높은 오차율(%)을 보이는 특징을 고려하여 교통량 추정 결과를 나타내는 지표로서 ‘절대평균오차율(MAPE)’와 ‘교통량 가중 절대평균오차율(MAPE)’, ‘절대 오차(AE)’을 병행하여 제시함
  - 단위구간의 지리적·공간적 위치에 따른 오차율 분포가 다른 특징을 고려하여 도시별 도심 중심부를 기준으로 지리적·공간적 위치를 고려하는 것이 필요함

인천광역시 교통량 추정값  
오차율 (PE)



오차율 (단위: %)	▶ 총 단위구간 수 : 852개
-100 미만	▶ 수집 단위구간 수 : 296개
-100 ~ - 60	▶ 평균절대오차율 (MAPE) : 40.2%
- 60 ~ - 20	
- 20 ~ 20	
20 ~ 60	
20 ~ 100	
100 이상	

대전광역시 교통량 추정값  
오차율 (PE)

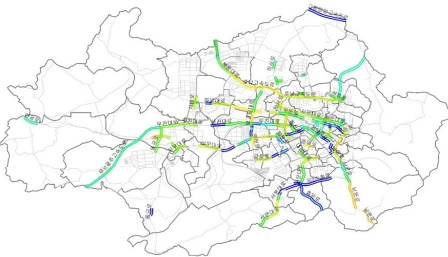


오차율 (단위: %)	▶ 총 단위구간 수 : 477개
-100 미만	▶ 수집 단위구간 수 : 415개
-100 ~ - 60	▶ 평균절대오차율 (MAPE) : 49.3%
- 60 ~ - 20	
- 20 ~ 20	
20 ~ 60	
20 ~ 100	
100 이상	

<그림 5-43> 인천광역시 회귀 추정교통량  
오차율

<그림 5-44> 대전광역시 회귀 추정교통량  
오차율

광주광역시 교통량 추정값  
오차율 (PE)



오차율 (단위: %)	▶ 총 단위구간 수 : 349개
-100 미만	▶ 수집 단위구간 수 : 174개
-100 ~ - 60	▶ 평균절대오차율 (MAPE) : 83.5%
- 60 ~ - 20	
- 20 ~ 20	
20 ~ 60	
20 ~ 100	
100 이상	

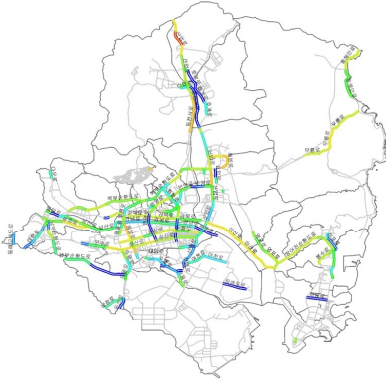
부산광역시 교통량 추정값  
오차율 (PE)



오차율 (단위: %)	▶ 총 단위구간 수 : 756개
-100 미만	▶ 수집 단위구간 수 : 144개
-100 ~ - 60	▶ 평균절대오차율 (MAPE) : 53.3%
- 60 ~ - 20	
- 20 ~ 20	
20 ~ 60	
20 ~ 100	
100 이상	

<그림 5-45> 광주광역시 회귀 추정교통량  
오차율

<그림 5-46> 부산광역시 회귀 추정교통량  
오차율

울산광역시 교통량 추정값  
오차율 (PE)

오차율 (단위: %)

- 100 미만
- 100 ~ -60
- 60 ~ -20
- 20 ~ 20
- 20 ~ 60
- 20 ~ 100
- 100 이상

▶ 총 단위구간 수 : 482개

▶ 수집 단위구간 수 : 253개

▶ 평균절대오차율 (MAPE) : 72.0%

대구광역시 교통량 추정값  
오차율 (PE)

오차율 (단위: %)

- 100 미만
- 100 ~ -60
- 60 ~ -20
- 20 ~ 20
- 20 ~ 60
- 20 ~ 100
- 100 이상

▶ 총 단위구간 수 : 547개

▶ 수집 단위구간 수 : 75개

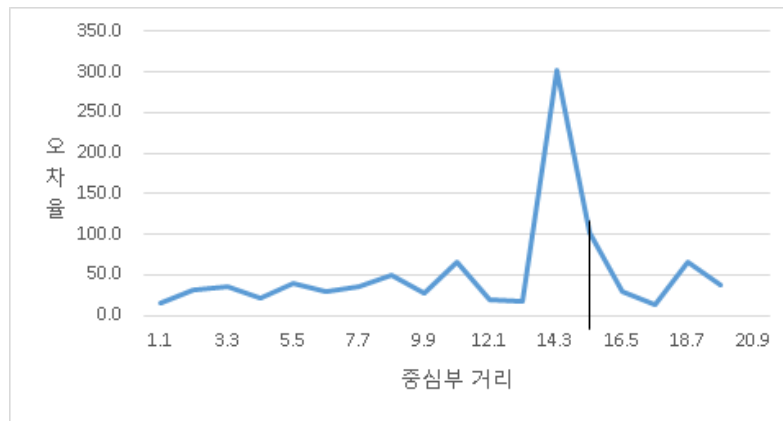
▶ 평균절대오차율 (MAPE) : 31.5%

<그림 5-47> 울산광역시 회귀 추정교통량  
오차율<그림 5-48> 대구광역시 회귀 추정교통량  
오차율

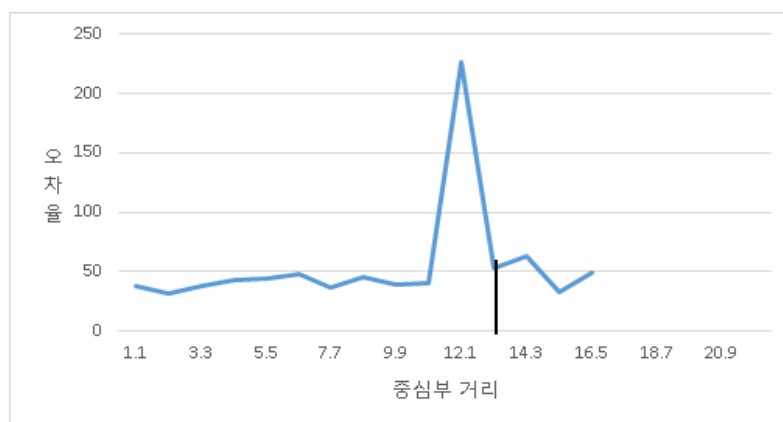
#### 마. 회귀모형 보정 및 최종 회귀모형 선정

- 도시부 외곽부일수록 교통량이 감소하는 특성을 바탕으로, 외곽부를 나타낼 수 있는 지표인 ‘도심으로부터 거리’ 변수를 추가로 고려하여 오차율이 감소하는 정도를 분석하고자 함
- 도시별 중심점(Central Point)과 단위구간 간의 공간적 거리를 산출하기 위해 공간적 지표를 이용하여 직선(유클리디안)거리를 구함
  - 도시별 중심점(Central Point)은 기본적으로 각 도시별 시청의 공간적 위치로 가정함
  - 시청의 위치가 도시부 중심에서 벗어나는 광주광역시의 경우 시청이 아닌 지역의 중심지역에 위치한 다른 시설(광주는 종합고속버스터미널)을 중심점으로 설정함
- 부산광역시, 대구광역시, 광주광역시는 DB 수집율이 낮아 공간적인 분류 시 별도의 회귀모형이 생성에 제약이 존재하므로 분석과정에서 제외하고, 인천광역시, 대전광역시, 울산광역시를 대상으로 중심지로부터 거리를 고려한 별도의 회귀모형을 구축함
- 도시를 중심부와 외곽부로 나누는 척도가 되는 기준거리는 거리에 따른 교통량 분포에서 오차율 또는 관측교통량이 급격히 변하는 임계점으로 설정하였음

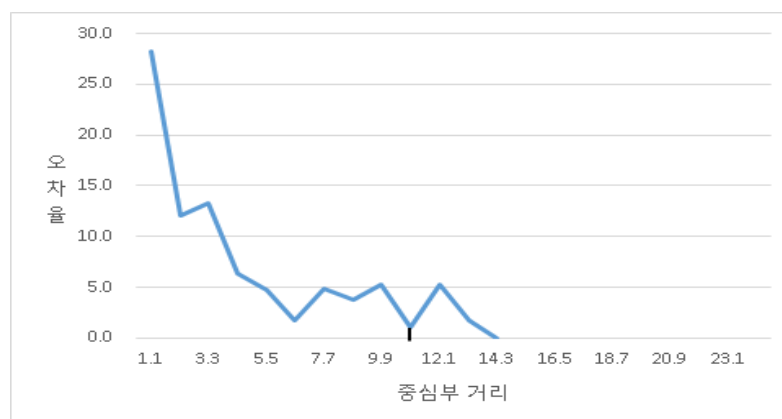
- 인천광역시: 중심으로부터 15.4km, 대전광역시: 13.2km, 울산광역시: 11.0km로 설정함
- 기준거리 내부 지역은 ‘내부’, 바깥쪽 지역은 ‘외부’로 명명하며, 내부와 외부의 별도 회귀모형을 추정하고자 함



<그림 5-49> 인천광역시 중심부 거리별 오차율



<그림 5-50> 대전광역시 중심부 거리별 오차율



<그림 5-51> 울산광역시 중심부 거리별 오차율

- 기존 회귀모형 추정과 마찬가지로 내부지역과 외부지역별로 각각 단계적 회귀분석(Stepwise Regression) 실시함
- ‘중심점과의 거리’를 고려하여 내부와 외부로 분리하여 회귀모형을 추정한 결과 도시별 평균오차율이 0.5~1.5% 감소하였으며, 도로기능별로 나눠 산출한 오차율 역시 감소함
- 교통량을 7개의 그룹으로 분할하여 그룹별 오차율별 단위구간 수 및 평균오차율을 살펴볼 때도 (기존 모형 분리 이전 대비) 내부와 외부로 분리하여 회귀모형을 추정한 결과 모든 그룹에서 MAPE가 감소하는 현상을 보임
- 따라서 본 연구에서는 도시별 최종회귀모형은 오차율이 최소인 모형으로 선정하며 도시별 각각의 회귀모형을 구축함
  - 인천, 대전, 울산광역시는 ‘중심지로부터 거리’ 변수를 반영한 내부/외부 분리 회귀모형을 구축함
  - 광주, 부산, 대구광역시는 ‘중심지로부터 거리’가 생략된 사회경제지표, 도로속성정보인 독립변수를 바탕으로 하는 회귀모형을 구축함
  - 각 도시별 회귀모형에 포함된 변수 및 그에 대한 계수는 <표 5-22>와 같음

&lt;표 5-20&gt; 내부/외부 분리 회귀모형 추정결과의 도로기능별 단위구간 오차율 분포

도시	방법	APE 도로기능	0%~10%	10%~20%	20%~30%	30%~40%	40%~50%	50%~60%	60%~70%	70%~80%	80%~90%	90%~100%	100%이상	계	MAPE
인천	기존 회귀모형	총	66	66	48	48	24	13	7	4	2	1	17	296	40.2%
		누적비율	22.3%	44.6%	60.8%	77.0%	85.1%	89.5%	91.9%	93.2%	93.9%	94.3%	100%	-	-
		도시고속도로	5	5	2	2	2	4	0	0	0	0	1	21	49.6%
		주간선도로	43	46	35	27	16	6	4	4	2	0	12	195	40.7%
		보조간선도로	18	15	11	19	6	3	3	0	0	1	4	80	36.7%
	중심지로부터 거리 고려 모형 분리	총	68	58	59	39	36	6	5	3	2	0	20	296	-
		누적비율	23.0%	42.6%	62.5%	75.7%	87.8%	89.9%	91.6%	92.6%	93.2%	93.2%	100%	-	38.7%
		도시고속도로	5	2	3	4	4	0	1	1	0	0	1	21	48.8%
		주간선도로	41	46	37	26	21	4	3	1	2	0	14	195	38.9%
		보조간선도로	22	10	19	9	11	2	1	1	0	0	5	80	35.7%
대전	기존 회귀모형	총	78	75	49	35	58	29	12	20	17	7	35	415	-
		누적비율	18.8%	36.9%	48.7%	57.1%	71.1%	78.1%	81.0%	85.8%	89.9%	91.6%	100%	-	49.3%
		도시고속도로	4	6	2	2	6	0	1	2	3	1	1	28	41.9%
		주간선도로	32	30	24	10	34	14	6	14	6	3	14	187	44.2%
		보조간선도로	42	39	23	23	18	15	5	4	8	3	20	200	55.1%
	중심지로부터 거리 고려 모형 분리	총	98	67	40	40	51	17	28	20	6	13	35	415	-
		누적비율	23.6%	39.8%	49.4%	59.0%	71.3%	75.4%	82.2%	87.0%	88.4%	91.6%	100%	-	48.5%
		도시고속도로	8	1	3	3	4	1	2	2	1	3	0	28	40.0%
		주간선도로	38	29	17	20	28	8	12	9	2	9	15	187	44.3%
		보조간선도로	52	37	20	17	19	8	14	9	3	1	20	200	53.7%
울산	기존 회귀모형	총	22	33	33	35	42	26	17	5	6	6	28	253	-
		누적비율	8.7%	21.7%	34.8%	48.6%	65.2%	75.5%	82.2%	84.2%	86.6%	88.9%	100%	-	72.0%
		도시고속도로	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	50.6%
		주간선도로	18	18	27	28	30	10	8	4	5	5	15	168	52.3%
		보조간선도로	4	15	5	7	12	16	9	0	1	1	13	83	112.2%
	중심지로부터 거리 고려 모형 분리	총	22	30	37	30	43	31	18	4	6	3	29	253	-
		누적비율	8.7%	20.6%	35.2%	47.0%	64.0%	76.3%	83.4%	85.0%	87.4%	88.5%	100%	-	71.5%
		도시고속도로	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	48.6%
		주간선도로	17	17	29	26	27	17	8	3	6	3	15	168	52.2%
		보조간선도로	5	13	7	4	16	14	10	0	0	0	14	83	111.2%

&lt;표 5-21&gt; 내부/외부 분리 회귀모형 추정결과와 교통량 규모별 단위구간 오차율 분포

도시	방법	교통량 APE	0%~10%	10%~20%	20%~30%	30%~40%	40%~50%	50%~60%	60%~70%	70%~80%	80%~90%	90%~100%	100%이상	합계	MAPE
인천	기존	0~5,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1438.1%
		5,000~10,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	319.4%
		10,000~20,000	0	1	0	4	1	1	5	0	0	1	11	24	115.1%
		20,000~30,000	17	9	7	8	3	4	2	3	2	0	1	56	30.0%
		30,000~50,000	32	41	16	17	7	2	0	0	0	0	0	115	18.7%
		50,000~100,000	16	10	23	17	12	5	0	0	0	0	0	83	26.9%
		100,000이상	1	5	2	2	1	1	0	1	0	0	0	13	28.8%
		총계	66	66	48	48	24	13	7	4	2	1	17	296	
		누적비율	22.3%	44.6%	60.8%	77.0%	85.1%	89.5%	91.9%	93.2%	93.9%	94.3%	100%	-	
	중심지로부터 거리 고려 모형 분리	0~5,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1205.1%
		5,000~10,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	294.1%
		10,000~20,000	0	1	2	2	4	0	1	1	0	0	13	24	108.7%
		20,000~30,000	18	11	9	3	5	3	3	0	2	0	2	56	27.9%
		30,000~50,000	37	24	30	14	8	2	0	0	0	0	0	115	19.0%
		50,000~100,000	12	20	15	17	16	1	1	1	0	0	0	83	27.9%
		100,000이상	1	2	3	3	3	0	0	1	0	0	0	13	32.0%
		총계	68	58	59	39	36	6	5	3	2	0	20		
		누적비율	23.0%	42.6%	62.5%	75.7%	87.8%	89.9%	91.6%	92.6%	93.2%	93.2%	100%	-	
대전	기존	0~5,000	0	0	0	0	0	0	2	0	3	0	4	9	409.9%
		5,000~10,000	2	0	2	0	4	4	1	8	2	1	23	47	109.8%
		10,000~20,000	30	20	7	5	9	1	1	3	8	2	6	92	34.8%
		20,000~30,000	12	26	18	9	8	6	4	0	0	4	0	87	27.6%
		30,000~50,000	20	16	14	12	15	8	1	7	2	0	2	97	32.9%
		50,000~100,000	14	13	8	9	21	10	3	2	2	0	0	82	33.7%
		100,000이상	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	44.8%
		총계	78	75	49	35	58	29	12	20	17	7	35	415	
		누적비율	18.8%	36.9%	48.7%	57.1%	71.1%	78.1%	81.0%	85.8%	89.9%	91.6%	100%	-	
	중심지로부터 거리 고려 모형 분리	0~5,000	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	4	2	403.9%
		5,000~10,000	3	0	1	1	2	4	2	8	0	3	23	13	106.4%
		10,000~20,000	29	27	8	0	4	1	8	5	3	0	7	7	34.5%
		20,000~30,000	27	11	18	2	21	0	4	0	1	3	0	4	27.1%
		30,000~50,000	23	17	4	24	9	0	10	2	0	7	1	8	33.3%
		50,000~100,000	16	12	9	13	14	12	2	2	2	0	0	2	32.8%
		100,000이상	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	46.6%
		총계	98	67	40	40	51	17	28	20	6	13	35		
		누적비율	23.6%	39.8%	49.4%	59.0%	71.3%	75.4%	82.2%	87.0%	88.4%	91.6%	100%		

## &lt;표 계속&gt;

도시	방법	APE	0%~10%	10%~20%	20%~30%	30%~40%	40%~50%	50%~60%	60%~70%	70%~80%	80%~90%	90%~100%	100%이상	합계	MAPE
		교통량													
울산	기존	0~5,000	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	15	17	453.3%
		5,000~10,000	2	2	2	0	2	3	0	0	0	1	3	15	86.4%
		10,000~20,000	7	10	6	12	9	6	9	4	1	4	7	75	50.2%
		20,000~30,000	10	10	7	10	12	6	1	1	4	0	3	64	37.1%
		30,000~50,000	2	10	10	7	11	7	5	0	0	0	0	52	36.2%
		50,000~100,000	1	1	8	6	7	4	2	0	0	0	0	29	37.6%
		100,000이상	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	91.0%
		총계	22	33	33	35	42	26	17	5	6	6	28	253	
		누적비율	8.7%	21.7%	34.8%	48.6%	65.2%	75.5%	82.2%	84.2%	86.6%	88.9%	100%	-	
	중심지로부터 거리 고려 모형 분리	0~5,000	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	15	0	446.9%
		5,000~10,000	1	2	1	2	0	2	3	0	0	0	4	3	89.8%
		10,000~20,000	7	9	11	8	8	12	6	2	3	2	7	9	49.6%
		20,000~30,000	11	10	6	8	17	2	1	2	3	1	3	2	36.8%
		30,000~50,000	2	7	11	6	10	12	4	0	0	0	0	6	36.9%
		50,000~100,000	1	1	8	6	7	3	3	0	0	0	0	3	37.7%
		100,000이상	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	64.6%
		총계	22	30	37	30	43	31	18	4	6	3	29		
		누적비율	8.7%	20.6%	35.2%	47.0%	64.0%	76.3%	83.4%	85.0%	87.4%	88.5%	100%		



&lt;표 5-22&gt; 6대광역시 교통량 및 VKT 추정 결과

구 분		인천광역시		대전광역시		광주광역시	부산광역시	대구광역시	울산광역시	
		내부	외부	내부	외부				내부	외부
교통량 추정 모형*	Y절편 (상수)	9.506 (71.793)	10.655 (76.362)	7.491 (27.749)	8.479 (400.91)	-8.203 (-21.401)	10.468 (-68.058)	8.586 (47.689)	9.609 (58.603)	6.485 (4.503)
	도시고속	1.734 ( 8.856)	-	-1.310 (-6.612)	-	-	-	0.994 ( 8.524)	-	-
	주간선	0.317 ( 4.793)	-	0.282 ( 4.160)	0.607 (38.842)	-	-	-	-	-
	보조간선	-	-0.627 (-3.070)	-	-	-	-0.508 (-4.507)	-	-0.444 (-4.350)	-1.071 (-3.361)
	차로수	0.125 ( 6.535)	-	0.129 ( 0.328)	0.088 (15.935)	-0.107 (-4.130)	0.060 (-2.643)	0.231 ( 9.369)	0.117 ( 4.742)	-
	제한속도	-	-	0.021 ( 4.211)	-	-0.018 (-3.829)	-	-	-	0.054 ( 2.399)
	중앙분리유형	-	-		1.449 (131.17)	-	-	-	-	-
	시가화여부	-	-	0.421 ( 4.525)	-	-	-	-	-	-
	교차로간격	-0.200 (-3.251)	-	0.470 ( 7.759)	-	-	-	-	-	-
	주간선접촉	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	행정구역	남:0.218 ( 2.862) 부평:0.172 ( 2.429)	-	유성:-0.585 (-8.184)	-	동:-0.332 (-1.972) 북: 0.357 ( 2.822)	-	-	북:-0.709 (-6.510)	-
	$R^2 / \text{adj} R^2$	0.438 / 0.426	0.420 / 0.376	0.476 / 0.467	0.771 / 0.714	0.234 / 0.216	0.213 / 0.202	0.702 / 0.685	0.367 / 0.359	0.469 / 0.420
	MAPE(%)	38.7		48.5		83.5	53.3	31.5	71.5	

주: '교통량추정모형\*' 설명변수의 회귀계수 괄호안 값은 t-statistics 수치임.

## 바. 공간통계기법 적용

- 상기된 도시별 회귀모형을 바탕으로 공간통계기법을 적용하여 단위구간 별 정확도를 향상시키고자 함
- 회귀모형과 크리깅이 결합한 기법인 회귀크리깅은 최적 회귀모형을 도출한 후 교통량을 추정하고자 하는 지점에서 이미 교통량을 알고 있는 주위 실측값(회귀모형 잔차)들의 선형조합으로 그 값을 예측함
- 최적 회귀모형에서 산출된 잔차를 보정하여 회귀모형에 비하여 추정정확도를 향상시키고자 함
- 도시별 교통량 부재 단위구간의 회귀크리깅 결과 산출된 추정교통량 및 단위구간 VKT는 <표 5-23>와 같음

<표 5-23> 회귀크리깅 적용 후 교통량 및 VKT 추정값 산정 결과

		단위 구간 (개)	교통량 부재 단위구간 수 (개)	교통량 부재 단위구간 연장 (km)	추정교통량 평균 (대/일)	추정교통량 표준편차 (대/일)	추정VKT 평균 (대/일)	추정VKT 표준편차 (대/일)
인천	계	852	556	271.9	28,836	10,043	14,159	13,374
	고속도로	21	0	-	-	-	-	-
	주간선	355	160	93.0	40,973	9,236	22,732	20,664
	보조간선	476	396	178.9	23,932	4,858	10,695	6,136
대전	계	477	62	30.6	21,228	6,587	10,297	12,583
	고속도로	28	0	-	-	-	-	-
	주간선	192	5	2.7	18,679	5,558	8,694	3,579
	보조간선	257	57	27.9	21,451	6,666	10,438	13,088
광주	계	349	175	98.8	24,780	6,778	15,210	21,245
	고속도로	20	10	22.1	36,658	9,259	82,378	38,552
	주간선	118	62	31.4	25,284	5,684	13,179	11,367
	보조간선	211	103	45.3	23,324	5,946	9,911	9,400
부산	계	756	612	319.1	42,640	12,212	22,852	22,104
	고속도로	39	20	33.1	46,109	4,515	76,581	47,599
	주간선	459	359	187.6	51,847	11,311	27,068	19,026
	보조간선	258	233	98.4	28,156	2,121	11,745	9,078
울산	계	482	229	130.5	15,935	8,645	9,236	11,012
	고속도로	2	0	-	-	-	-	-
	주간선	238	70	48.0	24,038	9,483	16,312	16,066
	보조간선	242	159	82.5	12,367	5,165	6,121	5,505
대구	계	547	472	285.3	35,106	23,374	19,297	32,092
	고속도로	49	33	44.0	72,454	21,589	92,327	71,989
	주간선	297	259	157.4	35,983	16,785	22,083	21,661
	보조간선	201	180	84.0	26,997	12,884	12,591	10,555

#### 4. 차량주행거리 산정

##### 가. 차량주행거리 산정

- 차량검지기 수집 자료, 교통량조사, 공간통계기법을 통해 추정된 교통량을 활용하여 각 도시의 차량주행거리 자료를 구축함. 차량주행거리를 산정하기 위한 식은 다음과 같음

$$VMT = \sum_{t=1}^n \sum_{k=1}^3 (V_{tk} \times AD_{tk})$$

$V_{tk}$  : 구간 연평균일교통량(AADT) (대/일)

$AD_{tk}$  : 구간 링크길이(km)

$t$  : 전체 구간수

- 도시부 차량주행거리 산정 시 회귀모형과 크리깅기법이 결합한 회귀크리깅을 이용하며, 2013년 부천시 차량주행거리 산정과정에서 활용한 교차로 기준으로 단위구간을 설정함
- 모든 도시별 수집교통량을 이용하여 회귀모형 및 크리깅을 이용하여 도시별 총 차량주행거리를 산출함
  - 인천은 각 기능별 VKT가 도시고속도로 7,460,509대/일, 주간선도로 9,522,350대/일, 보조간선도로 5,605,773대/일이고, 총 도시부 VKT는 22,588,633대/일임
  - 대전은 각 기능별 VKT가 도시고속도로 3,692,825대/일, 주간선도로 4,643,218대/일, 보조간선도로 2,666,364대/일이고, 총 도시부 VKT는 11,002,407대/일임
  - 광주는 각 기능별 VKT가 도시고속도로 2,377,288대/일, 주간선도로 2,520,112대/일, 보조간선도로 2,480,482대/일이고, 총 도시부 VKT는 7,377,882대/일임
  - 부산은 각 기능별 VKT가 도시고속도로 4,737,620대/일, 주간선도로 13,950,591대/일, 보조간선도로 3,205,999대/일이고, 총 도시부 VKT는 21,894,210대/일임
  - 울산은 각 기능별 VKT가 도시고속도로 153,787대/일, 주간선도로 5,737,962대/일, 보조간선도로 1,743,864대/일이고, 총 도시부 VKT는 7,635,613대/일임
  - 대구는 각 기능별 VKT가 도시고속도로 8,223,235대/일, 주간선도로 6,805,786대/일, 보조간선도로 2,521,525대/일이고, 총 도시부 VKT는 17,550,546대/일임

&lt;표 5-24&gt; 도시부 총 차량주행거리 산정 결과

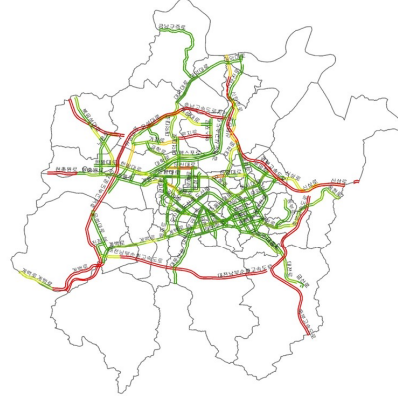
		관측VKT	추정VKT	총 VKT
인천	계	14,716,113	7,872,520	22,588,633
	도시고속도로	7,460,509	-	7,460,509
	주간선도로	5,885,159	3,637,191	9,522,350
	보조간선도로	1,370,445	4,235,329	5,605,773
대전	계	10,363,963	638,444	11,002,407
	도시고속도로	3,692,825	-	3,692,825
	주간선도로	4,599,748	43,471	4,643,218
	보조간선도로	2,071,391	594,973	2,666,364
광주	계	4,716,174	2,661,708	7,377,882
	도시고속도로	1,553,504	823,784	2,377,288
	주간선도로	1,703,030	817,083	2,520,112
	보조간선도로	1,459,641	1,020,841	2,480,482
부산	계	7,908,754	13,985,456	21,894,210
	도시고속도로	3,205,994	1,531,626	4,737,620
	주간선도로	4,233,293	9,717,298	13,950,591
	보조간선도로	469,467	2,736,532	3,205,999
울산	계	5,494,390	2,115,069	7,635,613
	도시고속도로	153,787	-	153,787
	주간선도로	4,596,101	1,141,861	5,737,962
	보조간선도로	744,502	973,208	1,743,864
대구	계	6,517,857	11,032,689	17,550,546
	도시고속도로	5,176,460	3,046,776	8,223,235
	주간선도로	1,086,261	5,719,524	6,805,786
	보조간선도로	255,136	2,266,389	2,521,525

인천광역시 도시부  
총 차량주행거리



▶ 인천시 총 차량주행거리:  
22,588,633 대 · km/일

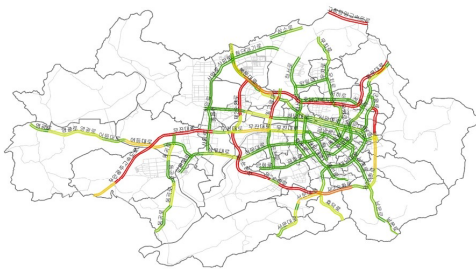
대전광역시 도시부  
총 차량주행거리



▶ 대전시 총 차량주행거리:  
11,002,407 대 · km/일

<그림 5-52> 인천광역시 도시부 총 차량주행거리 <그림 5-53> 대전광역시 도시부 총 차량주행거리

광주광역시 도시부  
총 차량주행거리



▶ 광주시 총 차량주행거리:  
7,377,882 대 · km/일

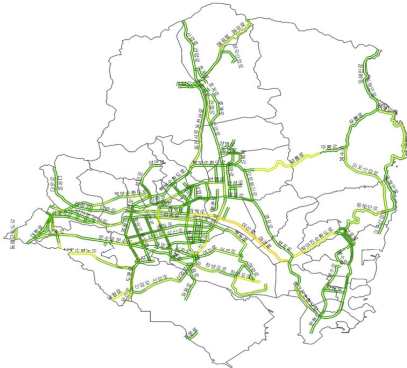
부산광역시 도시부  
총 차량주행거리



▶ 부산시 총 차량주행거리:  
21,894,210 대 · km/일

<그림 5-54> 광주광역시 도시부 총 차량주행거리 <그림 5-55> 부산광역시 도시부 총 차량주행거리

울산광역시 도시부  
총 차량주행거리

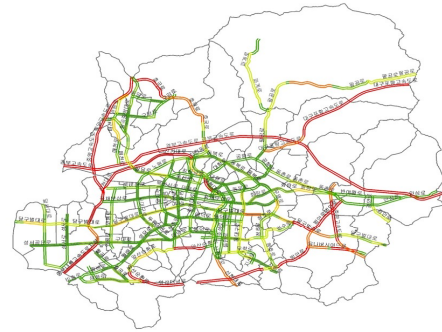


총 차량주행거리  
(단위: 대 · km/일)

20,000 미만
20,000 - 40,000
40,000 - 60,000
60,000 - 80,000
80,000 - 100,000
100,000 이상

▶ 울산시 총 차량주행거리:  
7,635,613 대 · km/일

대구광역시 도시부  
총 차량주행거리



총 차량주행거리  
(단위: 대 · km/일)

20,000 미만
20,000 - 40,000
40,000 - 60,000
60,000 - 80,000
80,000 - 100,000
100,000 이상

▶ 대구시 총 차량주행거리:  
17,550,546 대 · km/일

<그림 5-56> 울산광역시 도시부 총 차량주행거리 <그림 5-57> 대구광역시 도시부 총 차량주행거리

#### 나. 차량주행거리 산정 결과의 적정성 검토

- 차량주행거리를 산출하는 다른 방법인 HPMS 방법과 교통안전공단에서 자동차등록대수와 1일평균 주행거리의 곱을 이용하여 구한 방법을 함께 제시하여 회귀크리깅 기법을 통해 구한 도시부 총 차량주행거리가 적절한 값인지 분석하고자 함
  - 각 도시의 도로기능별 차량주행거리를 산출하여 도시부 총 VKT를 검정하고자 함
- FHWA에서 제시하는 HPMS방법과 본 연구에서 활용한 도로기능별로 분리하여 HPMS를 각각 산출함
  - FHWA에서 제시하고 있는 HPMS방법은 다음 식에 의해 VKT를 산출함

$$\sum_{i=1}^3 \left\{ \sum_{j=1}^n (V_j \times l_j) \right\} \times e_i$$

- $i$ : 도로기능  
 (1:도시고속도로, 2:주간선도로, 3:보조간선도로)  
 $j$ : 단위구간 번호  
 $n$ : 단위구간 개수  
 $V_j$ : 단위구간 수집교통량  
 $l_j$ : 단위구간 길이  
 $e_i$ : 확장계수  
 (도로기능별 교통축 길이 ÷ 교통량 수집단위구간 길이 합계)

- 본 연구에서 기존 HPMS방법을 심화하여 다음 식에 의해 도로기능별 HPMS를 구하여 VKT를 산출함

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^n (\mu_i \times l_j)$$

$i$ :	도로기능 (1:도시고속도로, 2:주간선도로, 3:보조간선도로)
$j$ :	단위구간 번호
$n$ :	단위구간 개수
$\mu_i$ :	도로기능 별 교통량 평균
$l_j$ :	단위구간 길이

- 교통안전공단에서는 자동차등록대수와 일평균주행거리를 곱하여 자동차주행거리를 산정하는 방식을 채택하고 있음
- 차종별, 지역별, 연료별, 용도별로 차량주행거리를 산정하였으며 도로기능별 차량주행거리는 제시하고 있지 않아 도시부 총 차량주행거리만으로 타방식과 비교함
- 3가지 다른 방법을 통해 VKT를 산출한 결과 <표5-25>에 나와 있음
  - 기존 HPMS방법으로 VKT를 산출한 결과, 인천의 도시부 VKT는 23,804,351km·대/일, 대전의 도시부 VKT는 11,096,435km·대/일, 광주의 도시부 VKT는 8,283,660km·대/일, 부산의 도시부 VKT는 23,992,361km·대/일, 울산의 도시부 VKT는 8,333,831km·대/일, 대구의 도시부 VKT는 18,970,803km·대/일 임
  - 기존 HPMS에서 도로기능별로 구분하여 VKT를 산출한 결과, 인천의 도시부 VKT는 23,994,742km·대/일, 대전의 도시부 VKT는 10,554,435km·대/일, 광주의 도시부 VKT는 6,540,361km·대/일, 부산의 도시부 VKT는 20,647,473km·대/일, 울산의 도시부 VKT는 7,862,907km·대/일, 대구의 도시부 VKT는 17,206,383km·대/일 임
- 본 연구에서 회귀크리깅을 통해 산정한 차량주행거리는 교통안전공단에서 산정한 차량주행거리의 30~40%임
  - 일간주행거리를 다른 방식을 통해 산출한 값과 비교한 결과 모든 도시에서 높은 값이 나오는데, 차량이 도시 내 모든 도로를 대상으로 주행한 결과 값임
- 차량주행거리를 산출하기 위한 다양한 방법 중 각 단위구간 별 오차율이 가장 적은 회귀크리깅을 이용하여 산출한 결과값은 적절하다고 결론지을 수 있음

&lt;표 5-25&gt; 도시부 총 차량주행거리 적정성 검토결과

		수집교통량 평균 (대/일)	수집교통량 표준편차 (대/일)	연장(km)	VKT			
					회귀크리깅	전통적 HPMS	도로기능별 분리 HPMS	교통 안전공단
인천	계	34,803	21,711	527.4	22,588,633	23,944,742	23,804,351	49,468,108
	도시고속도로	120,828	62,075	68.9	7,460,509	8,325,049	7,460,509	-
	주간선도로	43,081	16,001	232.0	9,522,350	9,994,792	9,822,711	-
	보조간선도로	24,834	6,808	226.5	5,605,773	5,624,901	6,521,130	-
대전	계	30,541	19,498	325.3	11,002,407	10,554,784	11,096,435	25,448,468
	도시고속도로	35,287	27,810	84.3	3,692,825	2,974,694	3,692,825	-
	주간선도로	39,530	21,749	121.0	4,643,218	4,783,130	4,704,730	-
	보조간선도로	23,308	6,971	120.0	2,666,364	2,796,960	2,698,881	-
광주	계	25,995	9,570	226.6	7,377,882	6,540,361	8,283,660	25,160,038
	도시고속도로	39,425	10,411	53.6	2,377,288	2,113,180	2,643,423	-
	주간선도로	28,084	11,290	77.8	2,520,112	2,184,935	2,855,512	-
	보조간선도로	23,553	5,928	95.2	2,480,482	2,242,246	2,784,726	-
부산	계	43,689	12,101	456.4	21,894,210	20,647,473	23,992,361	56,245,552
	도시고속도로	47,298	6,090	82.5	4,737,620	3,902,085	5,354,140	-
	주간선도로	52,087	5,388	259.6	13,950,591	13,521,785	15,263,373	-
	보조간선도로	28,203	2,063	114.3	3,205,999	3,223,603	3,374,848	-
울산	계	21,775	16,162	331.8	7,635,613	7,862,907	8,333,831	19,674,294
	도시고속도로	32,935	22,315	3.6	153,787	118,566	153,787	-
	주간선도로	29,542	17,299	202.2	5,737,962	5,973,392	6,026,794	-
	보조간선도로	14,044	8,741	126.1	1,743,864	1,770,948	2,153,250	-
대구	계	36,399	21,201	384.5	17,550,546	17,206,383	18,970,803	45,010,353
	도시고속도로	74,054	27,988	107.8	8,223,235	7,983,021	8,746,432	-
	주간선도로	36,623	17,188	183.2	6,805,786	6,709,334	7,713,295	-
	보조간선도로	26,888	20,733	93.5	2,521,525	2,514,028	2,511,075	-

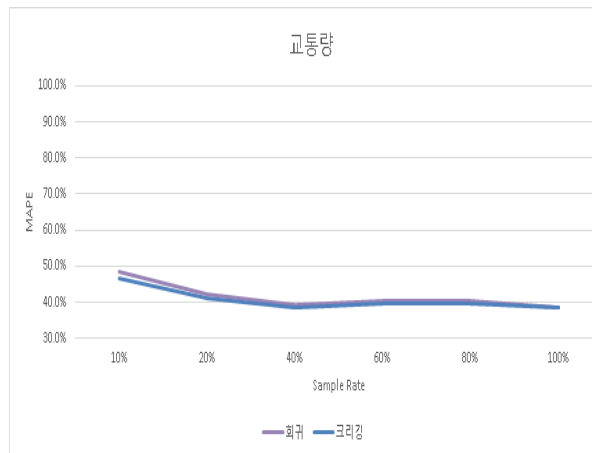


## 제3절 민감도 분석

### 1. 교통량 및 총 VKT 민감도 분석

#### 가. 교통량 민감도 분석

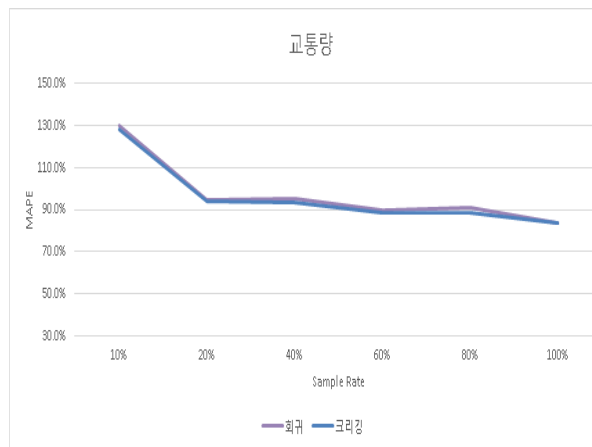
- 차량주행거리 산정에 많은 영향을 미치는 교통량이 수집되는 단위구간 중 전체 수집표본수의 10%부터 80%까지 점진적으로 무작위로 추출한 표본을 증가시키면서 모형을 추정하고, 모형 추정에 사용되지 않은 데이터들로부터 ‘추정값’과 ‘참값’을 비교함
- 100%에 대한 결과값은 모든 수집데이터를 모형 추정에 사용하기 때문에 크리깅이 유발하는 오차를 감소효과가 발생하지 않고 기존 회귀모형으로부터 발생하는 값과 같은 결과가 발생함
- 회귀모형과 회귀크리깅의 MAPE를 비교하여 회귀크리깅 기법이 오차를 줄이는 효과 분석함
- 상기 과정을 10회 반복 수행하여 각 회차별 평균오차율(MAPE)을 산출하고, 각 회차별 평균오차율의 평균과 표준편차를 산출함
- 6대 광역시 모든 구역에서 표본수집율이 교통량이 수집된 단위구간 수의 20~30%부터 오차율이 다소 일정하게 유지함
- 일반적으로 표본 크기가 커지면 총 VKT 오차율이 감소하는 것을 파악할 수 있고 같은 표본 수일 때 회귀크리깅 방법이 더 낮은 오차율을 보여줌
- 민감도 분석결과, 공간통계기법인 크리깅기법이 회귀모형의 잔차를 보정하여 참값과 추정값 사이의 잔차를 줄여주는 방법이라는 것을 보여주고 있음
- 일반적으로 표본 크기가 커지면 오차율이 감소하는 것을 파악할 수 있고 같은 표본 수 일 때 회귀크리깅 방법이 더 낮은 오차율을 보여줌
- 표본수집율이 낮을 때 오차율이 커지는 주요원인은 변동계수가 큰 수집집단으로부터 적은 수의 표본을 가지고 회귀모형을 구축해야 하기 때문임



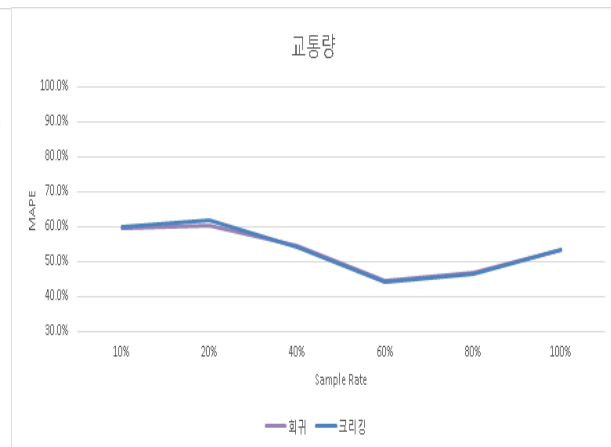
<그림 5-58> 인천광역시 교통량 추정 민감도 분석 결과



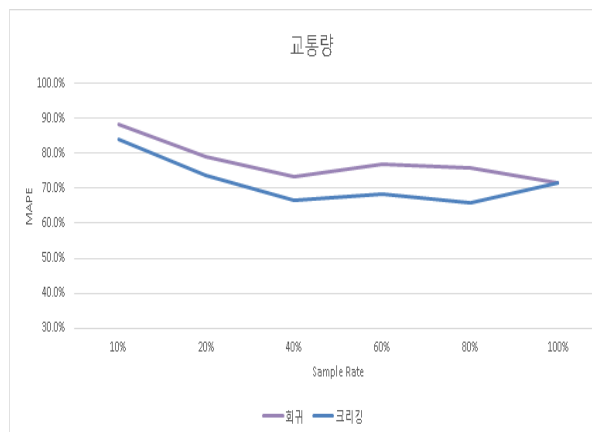
<그림 5-59> 대전광역시 교통량 추정 민감도 분석 결과



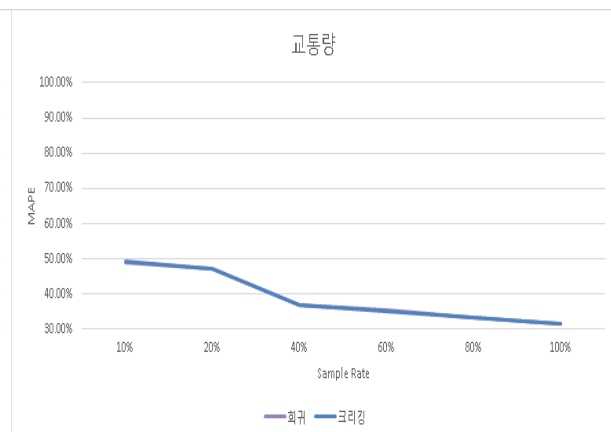
<그림 5-60> 광주광역시 교통량 추정 민감도 분석 결과



<그림 5-61> 부산광역시 교통량 추정 민감도 분석 결과



<그림 5-62> 울산광역시 교통량 추정 민감도 분석 결과



<그림 5-63> 대구광역시 교통량 추정 민감도 분석 결과

&lt;표 5-26&gt; 교통량 추정 회귀크리깅 민감도 분석 결과

표본율 오차율	인천												대전											
	10%		20%		40%		60%		80%		100%		10%		20%		40%		60%		80%		100%	
	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅
± 100% 이상	220	220	168	150	119	115	80	79	41	38	20	-	524	481	427	371	274	224	183	131	77	54	35	-
± 90% 이상 100% 미만	36	31	19	21	16	11	13	17	12	10	0	-	59	56	63	64	70	49	50	19	18	13	13	-
± 80% 이상 90% 미만	63	62	22	28	9	17	17	13	4	10	2	-	83	81	94	103	77	61	49	50	20	25	6	-
± 70% 이상 80% 미만	80	73	49	51	26	22	16	12	12	8	3	-	109	119	61	96	67	106	46	71	29	28	20	-
± 60% 이상 70% 미만	91	88	75	90	39	35	15	22	5	9	5	-	173	187	166	162	116	100	82	83	60	44	28	-
± 50% 이상 60% 미만	167	149	129	145	85	94	47	58	17	23	6	-	242	264	229	233	140	171	107	124	46	82	17	-
± 40% 이상 50% 미만	283	248	275	225	175	155	117	91	63	50	36	-	346	393	279	280	232	218	161	149	92	87	51	-
± 30% 이상 40% 미만	334	351	326	342	270	240	165	161	89	73	39	-	509	414	426	421	326	347	193	234	80	134	40	-
± 20% 이상 30% 미만	415	403	385	395	310	299	201	181	86	92	59	-	491	520	539	511	340	408	195	283	102	167	40	-
± 10% 이상 20% 미만	460	481	450	428	336	370	238	241	124	135	58	-	610	547	445	544	400	386	297	240	145	100	67	-
± 0% 이상 10% 미만	511	554	472	495	395	422	271	305	141	146	68	-	564	648	571	515	428	400	297	276	161	96	98	-
계	2,660	2,660	2,370	2,370	1,780	1,780	1,180	1,180	594	594	296	-	3,710	3,710	3,300	3,300	2,470	2,470	1,660	1,660	830	830	415	-
MAPE	48.5%	46.8%	42.2%	41.1%	39.4%	38.7%	40.3%	39.6%	40.4%	39.8%	38.7%	-	58.0%	56.0%	55.0%	53.2%	53.2%	49.5%	53.3%	48.6%	50.94%	48.80%	48.52%	-
APE 표준편차	0.0713	0.0866	0.0253	0.0307	0.0356	0.0323	0.0462	0.0510	0.0514	0.0569	0.8501	-	0.0443	0.0600	0.0696	0.0664	0.0777	0.0747	0.1068	0.0949	0.1096	0.1137	0.0000	-
최대 오차율	93.3%	93.1%	79.0%	79.0%	73.0%	75.9%	72.5%	72.5%	72.8%	71.9%	71.9%	-	86.8%	91.3%	85.6%	92.3%	85.9%	92.5%	85.1%	92.1%	83.9%	90.0%	82.2%	-
최소 오차율	-3178.1%	-3105.7%	-1531.3%	-1301.0%	-1299.8%	-1312.7%	-1363.3%	-1340.7%	-1248.9%	-1176.5%	-1205.1%	-	-3356.3%	-3024.3%	-3001.6%	-3063.5%	-2515.4%	-2478.3%	-2397.9%	-2388.3%	-2083.7%	-1433.7%	-1858.0%	-

## &lt;표 계속&gt;

표본율 오차율	광주												부산											
	10%		20%		40%		60%		80%		100%		10%		20%		40%		60%		80%		100%	
	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅
± 100% 이상	337	329	221	219	159	158	104	105	51	50	24	-	87	82	63	67	52	56	29	30	19	20	7	-
± 90% 이상 100% 미만	23	26	26	24	14	8	12	4	5	6	3	-	21	25	14	15	5	5	1	3	0	2	0	-
± 80% 이상 90% 미만	46	51	39	43	19	24	10	17	5	4	3	-	16	29	20	17	13	21	7	8	4	5	1	-
± 70% 이상 80% 미만	68	68	48	48	27	30	17	17	3	4	2	-	40	50	27	23	11	20	11	12	7	5	3	-
± 60% 이상 70% 미만	103	99	95	96	68	71	36	36	9	10	10	-	62	75	34	42	24	31	15	20	7	9	2	-
± 50% 이상 60% 미만	125	136	141	144	109	100	82	77	34	29	16	-	105	116	67	68	64	68	31	35	14	16	12	-
± 40% 이상 50% 미만	145	138	156	146	133	131	83	85	45	48	27	-	166	136	106	99	76	63	49	51	16	19	11	-
± 30% 이상 40% 미만	167	175	185	178	135	126	92	90	65	61	27	-	159	184	177	177	121	122	90	82	51	40	21	-
± 20% 이상 30% 미만	206	183	163	158	140	152	81	86	38	39	15	-	199	182	192	204	155	156	103	114	55	59	27	-
± 10% 이상 20% 미만	186	185	169	189	115	123	92	89	52	53	25	-	198	198	224	215	173	171	131	107	59	54	32	-
± 0% 이상 10% 미만	164	180	157	155	132	128	91	94	43	46	22	-	247	223	236	233	176	157	113	118	58	61	28	-
계	1,570	1,570	1,400	1,400	1,051	1,051	700	700	350	350	174	-	1,300	1,300	1,160	1,160	870	870	580	580	290	290	144	-
MAPE	129.9%	128.2%	95.0%	94.3%	95.2%	93.5%	89.8%	88.6%	91.0%	88.7%	83.5%	-	59.5%	59.9%	60.5%	62.0%	54.7%	57.2%	44.4%	46.1%	46.8%	48.1%	53.3%	-
APE 표준편차	0.5957	0.6052	0.2997	0.3036	0.2496	0.2380	0.3416	0.3404	0.2411	0.2325	2.0684	-	0.2279	0.2549	0.1408	0.1523	0.2713	0.2636	0.2263	0.2247	0.3377	0.3421	2.5794	-
최대 오차율	93.5%	93.9%	94.6%	94.6%	83.8%	83.8%	74.2%	73.1%	66.8%	68.5%	67.6%	-	78.5%	90.7%	74.2%	78.3%	65.9%	91.8%	61.0%	72.7%	60.9%	70.3%	59.9%	-
최소 오차율	-6532.0%	-7096.1%	-2761.9%	-2649.5%	-2239.3%	-2239.3%	-2037.8%	-2037.8%	-1621.2%	-1581.1%	-1534.2%	-	-3428.4%	-3428.4%	-4422.7%	-5437.1%	-3727.0%	-3727.0%	-3314.6%	-3314.6%	-3359.5%	-3417.1%	-3048.7%	-

## &lt;표 계속&gt;

표본율 오차율	대구												울산											
	10%		20%		40%		60%		80%		100%		10%		20%		40%		60%		80%		100%	
	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅	회귀 모형	크리깅
± 100% 이상	44	46	60	64	30	30	16	17	7	7	3	-	220	220	168	150	119	115	80	79	41	38	20	-
± 90% 이상 100% 미만	9	10	19	18	8	8	8	6	4	4	1	-	36	31	19	21	16	11	13	17	12	10	0	-
± 80% 이상 90% 미만	15	14	15	14	9	9	11	11	3	3	2	-	63	62	22	28	9	17	17	13	4	10	2	-
± 70% 이상 80% 미만	46	44	28	27	9	9	7	7	4	4	2	-	80	73	49	51	26	22	16	12	12	8	3	-
± 60% 이상 70% 미만	46	49	27	28	21	21	13	13	6	6	3	-	91	88	75	90	39	35	15	22	5	9	5	-
± 50% 이상 60% 미만	48	48	34	32	27	27	15	16	6	6	4	-	167	149	129	145	85	94	47	58	17	22	6	-
± 40% 이상 50% 미만	90	93	47	47	30	30	18	19	8	8	5	-	283	248	275	225	175	155	117	91	62	50	36	-
± 30% 이상 40% 미만	88	83	74	71	59	59	36	35	13	13	8	-	334	351	326	342	270	240	165	161	87	73	39	-
± 20% 이상 30% 미만	107	99	104	99	76	76	44	40	25	25	16	-	415	403	385	395	310	299	201	181	85	90	59	-
± 10% 이상 20% 미만	96	102	108	115	91	91	63	64	35	35	12	-	460	481	450	428	336	370	238	241	124	134	58	-
± 0% 이상 10% 미만	91	92	84	85	90	90	69	72	39	39	19	-	511	554	472	495	395	422	271	305	141	146	68	-
계	680	680	600	600	450	450	300	300	150	150	75	-	2,660	2,660	2,370	2,370	1,780	1,780	1,180	1,180	590	590	296	-
MAPE	49.0%	49.1%	47.0%	47.1%	36.8%	36.8%	35.4%	35.0%	33.3%	33.3%	31.5%	-	48.5%	46.8%	42.2%	41.1%	39.4%	38.7%	40.3%	39.6%	40.4%	39.8%	38.7%	-
APE 표준편차	0.1950	0.1986	0.1623	0.1577	0.1088	0.1088	0.0656	0.0563	0.1190	0.1190	0.4353	-	0.0713	0.0866	0.0253	0.0307	0.0356	0.0323	0.0462	0.0510	0.0516	0.0569	0.8501	-
최대 오차율	93.9%	93.8%	86.1%	86.1%	70.8%	70.8%	68.7%	68.2%	67.7%	67.7%	66.4%	-	93.3%	93.1%	79.0%	79.0%	73.0%	75.9%	72.5%	72.5%	72.8%	71.9%	71.9%	-
최소 오차율	-889.7%	-854.9%	-450.2%	-450.2%	-288.6%	-288.6%	-214.1%	-233.2%	-240.0%	-240.0%	-148.3%	-	-3178.1%	-3105.7%	-1531.3%	-1301.0%	-1299.8%	-1312.7%	-1363.3%	-1340.7%	-1248.9%	-1176.5%	-1205.1%	-

#### 나. VKT 민감도 분석

- 교통량이 수집되는 단위구간 중 무작위로 10%, 20%, 40%, 60%, 80%의 비율로 추출하여 그에 대한 모형을 추정함
- 교통량이 수집되는 단위구간만을 대상으로 총 VKT를 산정하고, 표본율별 총 VKT의 오차를 검토함
- 모형 추정에 사용된 자료는 수집교통량(참값)을 통해 VKT를 산정하고, 모형 추정에 사용되지 않은 데이터들은 ‘추정교통량’을 통해 VKT를 산정함
- 표본율 별 표본 추출을 10회 반복 수행하여 각 회차별 총 VKT를 산정 후, 10회에 걸쳐 산정한 총 VKT의 평균, 표준편차 및 MAPE를 검토함
- 회귀모형에서 공간적 기법인 크리깅 방법을 추가로 실시하여 각 회차별 평균절대오차율(MAPE), 총 VKT 평균 및 표준편차를 산출함
- 모든 도시 통틀어서 표본율이 점진적으로 증가할수록 VKT 오차율이 감소하며, 단위구간 별 표준편차 또한 감소하는 결과를 얻음

&lt;표 5-27&gt; 총 VKT 민감도 분석 결과

표본율	인천								대전							
	사용 Data		회귀모형			회귀크리깅			사용 Data		회귀모형			회귀크리깅		
	수집교통량	추정교통량	총 VKT 평균 (대 · km/일)	표준편차	MAPE(%)	총 VKT 평균 (대 · km/일)	표준편차	MAPE(%)	수집교통량	추정교통량	총 VKT 평균 (대 · km/일)	표준편차	MAPE(%)	총 VKT 평균 (대 · km/일)	표준편차	MAPE(%)
10%	29	265	12,942,820	3,271,763	19.3	12,873,200	3,061,468	18.0	42	373	10,701,309	777,207	6.3	10,687,672	713,372	6.0
20%	59	235	13,566,102	2,453,344	13.0	13,586,628	2,237,320	11.7	83	332	10,290,596	795,336	6.8	10,276,442	705,291	5.8
40%	118	176	13,496,607	558,896	8.3	13,584,842	597,239	7.7	166	249	9,902,032	414,986	4.9	9,987,214	355,188	4.1
60%	176	118	14,222,609	416,343	3.8	14,293,817	416,823	3.4	249	166	9,996,343	357,232	3.9	9,977,684	270,006	3.7
80%	235	59	14,512,269	181,040	1.5	14,516,810	188,269	1.5	332	83	10,178,203	195,921	2.0	10,164,004	156,132	1.9
100%	196	0	14,716,113	-	-	-	-	-	415	0	10,363,963	-	-	-	-	-
표본율	광주								부산							
	사용 Data		회귀모형			회귀크리깅			사용 Data		회귀모형			회귀크리깅		
	수집교통량	추정교통량	총 VKT 평균 (대 · km/일)	표준편차	MAPE(%)	총 VKT 평균 (대 · km/일)	표준편차	MAPE(%)	수집교통량	추정교통량	총 VKT 평균 (대 · km/일)	표준편차	MAPE(%)	총 VKT 평균 (대 · km/일)	표준편차	MAPE(%)
10%	17	157	5,323,695	2,546,710	40.3	5,292,622	2,515,001	40.3	14	130	6,867,080	234,257	13.5	6,554,834	1,118,817	17.1
20%	35	139	3,967,441	951,411	22.8	3,973,207	949,846	22.7	28	116	7,056,052	253,610	10.9	7,119,400	447,801	10.7
40%	70	104	4,455,551	495,561	9.4	4,505,102	467,433	8.2	57	87	7,245,646	250,143	8.4	7,253,316	477,231	8.6
60%	104	70	4,579,568	300,291	6.3	4,592,566	298,987	6.1	86	58	7,489,853	173,309	4.9	7,479,673	224,215	5.4
80%	139	35	4,576,813	133,524	2.9	4,581,739	130,044	2.8	115	29	7,704,953	176,028	2.7	7,688,599	174,175	2.8
100%	174	0	4,716,174	-	-	-	-	-	144	0	7,908,754	-	-	-	-	-

## &lt;표 계속&gt;

표본율	대구								울산							
	사용 Data		회귀모형			회귀크리깅			사용 Data		회귀모형			회귀크리깅		
	수집교통량	추정교통량	총 VKT 평균 (대 · km/일)	표준편차	MAPE(%)	총 VKT 평균 (대 · km/일)	표준편차	MAPE(%)	수집교통량	추정교통량	총 VKT 평균 (대 · km/일)	표준편차	MAPE(%)	총 VKT 평균 (대 · km/일)	표준편차	MAPE(%)
10%	8	68	5,737,842	2,711,044	35.6	5,751,043	2,686,715	35.5	25	228	5,393,482	600,969	9.0	5,445,385	578,290	8.2
20%	15	60	6,887,142	1,817,862	20.5	6,948,160	1,821,950	20.7	51	202	5,177,221	497,050	9.3	5,204,800	405,793	7.9
40%	30	45	6,425,354	452,890	5.2	6,425,353	452,891	5.2	101	152	5,227,372	218,998	5.3	5,280,711	232,025	4.7
60%	45	30	6,485,201	196,119	2.2	6,487,400	203,496	2.3	152	101	5,380,107	178,696	2.8	5,469,781	192,902	2.6
80%	60	15	6,456,844	161,223	1.9	6,456,844	161,226	1.9	202	51	5,459,530	104,726	1.8	5,492,161	104,910	1.7
100%	75	0	6,517,857	-	-	-	-	-	253	0	5,520,544	-	-	-	-	-

주: “총 VKT 평균”은 각 표본율별로 Random하게 표본 추출 10회 반복 수행하여 산정한 총 VKT의 평균.



## 제4절 소결

- 대부분의 도시에서 ITS검지기를 이용한 교통DB 수집시 도로망의 소통상황을 파악하기 위한 용도로 통행속도를 조사하고 교통 정책 수립시 필요한 교통량 자료는 적은 지점에서 시행하고 있음. 인력을 통한 현장조사 또한 차종별, 시간대별로 통행속도 및 교통량을 제공하고 있으나 다른 자료의 형태와 호환성이 떨어져 공간프로그램과 매칭하는 작업이 추가적으로 요구됨
- ITS검지기를 통해 수집되는 교통량 및 통행속도 자료는 ITS링크체계를 기반으로 저장하고 있으나, 몇몇 도시에서는 자체적인 도로네트워크 체계를 가지고 있어 해당 자료를 ITS표준 링크 체계로 호환하는 작업이 필요함. 향후 대상 지자체에 호환 프로그램 또는 자료를 갖출 것을 요구할 수 있음
- 교통량 및 통행속도 DB의 출처는 크게 3집단(지자체 인력현장조사, ITS검지기, TMS(교통량 정보제공시스템)에서 취득함. 최종적으로 링크교통량 코딩작업시 자료의 우선순위는 TMS, ITS검지기, 인력현장조사 순으로 교통량 값을 반영함
- 현재는 양방향 교통량 자료를 이용한 차량주행거리를 산정하였으나, 향후 도시내 특정 시간대 교통 상황을 알 수 있는 시간대차량주행거리(HVKT)를 산정하기 위해 추가적인 연구 및 검토가 필요함
  - 입력자료 형태, 방향별 교통량 비, 편도방향의 교통량만 수집 등 많은 쟁점사항에 대해 가정이 필요함
- 각 링크별 공간적인 위치정보는 링크의 중간지점에 위치하는 지점의 위치정보를 사용함. 현재 링크간 거리는 유클리드 거리를 통해 구하고 있으나 교통네트워크 위의 경로 길이로 대체해야 함. 이를 위해 도시별 링크에 대한 행렬(Matrix)를 구축하여야 하나 도시별 하나의 자료로 장기간동안 구축한다면 공간통계기법 단계에서 보다 더 유의한 결과를 보여줄 것이라 기대함
- 현재 회귀모형은, 도로기능, 최고제한속도, 차로수, 토지이용현황, 중앙분리유형, 행정구역, 평균교차로 간격, 주간선도로접촉여부, 총 8가지 형태의 변수를 가지고 구축하고 있음. 향후 교통량에 영향을 주는 다른 변수들을 추가하여 회귀모형의 설명능력을 향상하고자 함
  - 본 연구에서는 기존 8개의 설명변수에 ‘도시 중심지로부터 거리’라는 변수 가지고 2개의 층(외부, 내부)로 나누어 층별 별도 회귀모형 구축 및 민감도 분석 시행함



## 제6장 차량주행거리를 활용한 지표개발

---

제1절 차량주행거리 관련 지표

제2절 지역별 비교 및 분석

제3절 시사점



## 제6장 차량주행거리를 활용한 지표개발

### 제1절 차량주행거리 관련 지표

#### 1. 개요

- 차량주행거리는 도로시스템에 대한 성능을 평가하고 차량의 배기가스 배출량산정, 대기질 분석, 에너지 소비량 계산, 교통영향평가 등에 광범위하게 사용될 수 있는 지표로서 본 연구에서는 차량주행거리를 활용한 지표개발을 위해 차량주행거리 관련 지표들을 검토하고, 다양한 지역별 통계자료를 활용한 차량주행거리 관련 지표를 모색하고자 함
- 또한 차량주행거리 관련 지표의 지역별 비교·분석을 진행하였으며, 차량주행거리 데이터는 앞서 산정한 지역별 차량주행거리를 활용하였으며, 지역구분은 17개 특별·광역시도를 대상으로함

<표 6-1> 17개 특별·광역시.도

서울특별시	부산광역시	대구광역시	인천광역시	광주광역시	대전광역시
울산광역시	세종특별자치시	경기도	강원도	충청북도	충청남도
전라북도	전라남도	경상북도	경상남도	제주특별자치도	

#### 2. 차량주행거리 관련 지표 검토

- 2013년 교통망 성능평가 연구에서는 부천시의 교통망성능평가 지표 선정 및 개발을 위하여 차량주행거리지표 관련 지표를 검토하였음
- 부천시 연구를 통해 본 차량주행거리 관련 지표는 다음과 같음
  - 교통체계 이용주체가 교통서비스를 누리면서 발생하는 교통류특성과 그 교통서비스의 수준을 가늠할 수 있는 것으로, 교통서비스의 질적 평가 체계 및 평가 지표
    - 차량주행거리(Vehicle Kilometers Traveled) : 도시(특정 지역) 내 차량이 주행한 거리
    - 차량 평균주행거리(Average Trip Length) : 도시(특정 지역) 내 차량이 주행한 평균 통행거리
    - 여객주행거리(Passenger Kilometers Traveled, PKT) : 도시(특정 지역) 내 사람이

### 차량으로 주행한 거리

- 여객 평균주행거리(Average Trip Length) : 도시(특정 지역) 내 사람이 차량주행을 통해 주행한 평균 거리
- 도로혼잡밀도(Traffic Desity Ratio) : 차로당 차량 밀도, 차로수고려 도로연장(lane·km)대비 차량주행거리(VKT)로 산출함(대/lane)
- VKT당 사고건수(건/1억대·km/년)
- VKT당 사망자/부상자수(인/1억대·km/년)
- 교통시스템(전반)운영주체의 효율성을 평가하는 체계 및 지표로서, 교통기능 수행에 따른 외부효과(온실가스 배출량, 혼잡비용 등)를 가늠할 수 있는 지표
- VKT당 대기오염물질 배출량(ton/대·km)
- VKT당 혼잡비용(지역내 차량주행거리당 교통혼잡비용(백만원/대·km년))
- VKT당 차량운행비용(지역내 차량주행거리당 차량운행비용(백만원/대·km/년))
- VKT당 사고비용(지역내 차량주행거리당 교통사고비용(백만원/대·km/년))
- 검토한 부천시 지표를 바탕으로 지역별 통계자료 중 본 연구의 차량주행거리 관련 지표에 활용할 자료는 재차인원, 지역별 인구, 경제인구, 연료소모량, 차량등록대수, 차로수 고려 도로연장, 토지용도임
- 각 통계자료는 다음과 같이 산출 과정을 통해 지표로 활용됨
  - 여객 VKT(인·km): 지역별 차종별 차량주행거리와 지역별 재차인원의 곱으로 산출함
  - VKT/인구 1인당, VKT/경제인구 1인당(대·km/인): 지역별 차량주행거리를 각 지역별 인구, 경제인구로 나누어 인당 차량주행거리를 산출함
  - VKT/연료소모량(대·km/천TOE): 연료소모량 당 차량주행거리를 산출함
  - VKT/차량등록대수(대·km/대): 지역별 차량주행거리를 각 지역별 차량대수로 나눠주어 차량등록대수 대비 차량주행거리를 산출함
  - VKT/lane·km(대/lanes): 차로수를 고려한 도로연장대비 차량주행거리를 산출함
  - VKT/시가화면적, VKT/시가화율, VKT/주거면적, VKT/상업면적 등(대·km/m<sup>2</sup>): 차량주행거리를 각 토지용도별 면적으로 나누어 용도면적 대비 차량주행거리를 산출함

### 3. 지역별 통계지표

#### 가. 재차인원

- 재차인원은 차량단위로 산출한 지표의 결과를 화폐가치화하기 위한 중간과정에서 필요함. 여객 VKT 산출을 위해 KTDB 여객기종점통행량자료에서 제시한 승용차, 버스의 재차인원을 파악함. 승용차의 시군간 평균 재차인원은 제주도가 가장 많고, 서울이 가장 적게 나타났다. 내부존에 대한 평균재차인원은 강원도가 가장 높고, 대구시가 가장 적은 것으로 나타남. 버스 재차인원은 대전시가 가장 많고, 경기도가 가장 적으며, 아래 표에 명시되지 않은 화물의 재차인원은 1임

<표 6-2> 지역별 재차인원

(단위:인/대)

지역	승용차 평균 재차인원 시군간	승용차 평균 재차인원 내부존	버스재차인원
서울특별시	1.33	1.42	19.75
부산광역시	1.47	1.40	20.65
대구광역시	1.43	1.30	18.60
인천광역시	1.30	1.35	12.33
광주광역시	1.53	1.33	19.98
대전광역시	1.49	1.33	21.69
울산광역시	1.52	1.33	20.22
세종특별자치시	1.40	1.36	-
경기도	1.36	1.42	12.91
강원도	1.59	1.46	16.12
충청북도	1.50	1.34	17.95
충청남도	1.52	1.35	15.92
전라북도	1.56	1.37	15.86
전라남도	1.51	1.39	19.11
경상북도	1.48	1.37	18.15
경상남도	1.55	1.37	15.36
제주특별자치도	1.78	1.37	16.50

#### 나. 인구

- 통계청의 2013년 기준 지역별 인구와 지역별 경제인구에 대하여 파악함. 지역별 인구수와 경제인구 수 모두 경기도가 가장 많으며, 이어서 서울시 순으로 나타남. 인구수는 세종시가 가장 적고, 경제인구수는 제주도가 가장 적은 것으로 나타남

&lt;표 6-3&gt; 지역별 인구수 및 경제인구수

(단위: 명)

지역	지역별 인구수	지역별 경제인구수
서울특별시	10,143,645	5,390,000
부산광역시	3,527,635	990,000
대구광역시	2,501,588	1,266,000
인천광역시	2,879,782	881,000
광주광역시	1,472,910	744,000
대전광역시	1,532,811	791,000
울산광역시	1,156,480	552,000
세종특별자치시	122,153	-
경기도	12,234,630	6,483,000
강원도	1,542,263	690,000
충청북도	1,572,732	788,000
충청남도	2,047,631	1,131,000
전라북도	1,872,965	869,000
전라남도	1,907,172	922,000
경상북도	2,699,440	1,424,000
경상남도	3,333,820	1,653,000
제주특별자치도	593,806	327,000

주: 국가통계포털, 행정구역별 총인구(2013), 경제인구(2013. 12) (<http://kosis.kr/>)

## 다. 연료소모량

- 2013년 기준 수송부문 에너지 사용량의 지역별 도로의 전체 유종(휘발유, 경유, 방카C유, 항공유, LPG)에 대한 에너지 사용량은 다음과 같음. 경기도의 연료소모량이 가장 많고, 제주도의 연료소모량이 가장 적은 것으로 나타남

&lt;표 6-4&gt; 지역별 연료소모량

(단위: 천TOE)

지역	지역별 연료소모량	지역	지역별 연료소모량
서울특별시	2,951	경기도	7,440
부산광역시	1,595	강원도	1,147
대구광역시	1,539	충청북도	1,338
인천광역시	1,252	충청남도	1,831
광주광역시	887	전라북도	1,314
대전광역시	778	전라남도	1,250
울산광역시	752	경상북도	2,231
세종특별자치시	-	경상남도	2,290
		제주특별자치도	399

주: 교통안전공단 내부자료(2013)



## 라. 차량등록대수

- 2013년 12월 기준 통계청에서 제공하는 지역별 차량등록대수는 다음과 같음. 승용차, 승합차, 화물+특수 차량 모두 경기도의 차량수가 가장 많고, 세종시의 차량수가 가장 적음

<표 6-5> 지역별 차량등록대수

(단위: 대)

지역	승용	승합	화물+특수
서울특별시	2,462,515	156,871	354,491
부산광역시	931,099	56,380	196,200
대구광역시	835,622	40,774	162,829
인천광역시	911,395	59,164	171,792
광주광역시	453,840	25,595	88,619
대전광역시	493,734	26,809	85,740
울산광역시	398,281	17,532	69,371
세종특별자치시	39,351	2,752	10,893
경기도	3,568,546	246,912	709,712
강원도	473,104	34,273	139,155
충청북도	496,897	35,063	142,178
충청남도	642,682	46,815	197,586
전라북도	568,643	37,457	174,744
전라남도	539,848	41,947	217,590
경상북도	865,399	56,237	289,350
경상남도	1,149,855	66,565	274,231
제주특별자치도	247,543	19,659	67,224

주: 국가통계포털, 차량등록대수 (2013. 12) (<http://kosis.kr/>)

## 마. Lane·km

- 각 지역별 차로수와 도로 연장을 파악하기 위해 KTDB에서 제공하는 주제도를 기준으로 차로수와 도로 연장의 곱을 통해 lane·km를 산출함. 본 연구의 차량주행거리 산출 시 사용한 네트워크 DB인 혼잡지도 분석맵의 경우 차로수에 대한 누락데이터가 다량 존재하므로 주제도의 지역별 lane·km값을 사용함
  - 전체도로의 lane·km가 가장 긴 지역은 경기도이며, 고속국도, 일반국도, 국지도, 지방도의 값이 가장 긴 지역 또한 경기도로 확인됨. 세종시는 모든도로에 대한 값이 가장 작게 확인됨
  - 6대 광역시의 경우 전체도로 대비 고속국도, 일반국도, 국지도, 지방도 가 차지하는 비중이 나머지 시도에 비해 낮은 경향이 보임. 세종시의 경우 lane·km의 값이 가장 작으나, 전체도로 대비 고속국도, 일반국도, 국지도, 지방도의 비율은 6대 광역시에 비해 높은 것으로 확인됨

&lt;표 6-6&gt; 지역별 lane·km

(단위: lane·km)

지역	전체도로	고속국도, 일반국도, 국지도,지방도
서울특별시	9,850	1,206
부산광역시	6,182	1,133
대구광역시	5,871	1,272
인천광역시	6,481	1,215
광주광역시	4,288	673
대전광역시	4,026	965
울산광역시	4,241	1,160
세종특별자치시	857	416
경기도	37,869	16,556
강원도	18,879	9,485
충청북도	15,079	7,469
충청남도	18,934	9,612
전라북도	19,819	9,447
전라남도	24,411	10,767
경상북도	29,732	15,343
경상남도	23,487	11,535
제주특별자치도	5,455	2,003

주: KTDB 교통주제도

## 바. 토지용도

- 한국토지주택공사에서 제공하는 2013년 기준 토지용도지구별 주거면적, 상업면적, 공업면적과 시가화 면적 및 시가화율은 다음과 같음
  - 경기도의 경우 주거면적, 상업면적, 공업면적 모두 전체 시도에서 가장 넓은 것으로 나타나며, 세종시의 경우 주거면적과 상업면적이 가장 좁고, 공업면적은 제주도가 가장 좁은 것으로 나타남
  - 도시 총 계획면적과 시가화면적은 경기도가 가장 넓은 것으로 나타나지만, 도시 총 계획면적 대비 시가화면적을 계산한 시가화율을 살펴보면 서울시의 시가화율이 가장 높은 것을 알 수 있음. 도시 총 계획면적과 시가화면적이 가장 좁은 지역은 세종시이지만, 시가화율이 가장 낮은 지역은 제주도로 확인됨

&lt;표 6-7&gt; 지역별 용도면적

(단위: m<sup>2</sup>, %)

지역	주거면적	상업면적	공업면적	도시총계획면적	시가화면적	시가화율(%)
서울특별시	311,749,751	26,198,465	26,363,279	605,961,477	364,311,495	60.1%
부산광역시	140,743,673	24,177,853	61,162,006	942,972,811	226,083,532	24.0%
대구광역시	120,897,508	18,571,329	39,703,901	797,883,045	179,172,738	22.5%
인천광역시	114,826,611	21,796,985	58,413,194	579,949,330	195,036,790	33.6%
광주광역시	74,783,409	8,965,071	23,607,746	480,050,517	107,356,226	22.4%
대전광역시	70,147,488	8,858,354	14,445,114	495,269,034	93,450,956	18.9%
울산광역시	66,673,392	7,591,201	77,338,565	755,136,776	151,603,158	20.1%
세종특별자치시	27,773,098	5,111,946	6,769,980	140,413,907	39,655,024	28.2%
경기도	539,963,600	60,222,008	113,401,765	3,339,583,747	713,587,373	21.4%
강원도	137,182,795	17,947,539	36,397,570	1,022,102,313	191,527,904	18.7%
충청북도	88,966,803	11,820,804	52,461,486	722,209,388	153,249,093	21.2%
충청남도	124,048,742	14,943,154	110,795,790	901,032,944	249,787,686	27.7%
전라북도	123,060,822	16,189,349	62,755,663	885,617,959	202,005,834	22.8%
전라남도	168,600,776	21,106,528	164,721,127	1,730,720,686	354,428,431	20.5%
경상북도	207,959,655	26,403,955	138,790,182	1,847,438,673	373,153,792	20.2%
경상남도	214,173,062	28,573,267	130,525,186	1,893,863,908	373,271,515	19.7%
제주특별자치도	48,102,794	6,227,963	4,660,182	453,171,778	58,990,939	13.0%

주: 국가통계포털, 용도지역 (2013) (<http://kosis.kr/>), 한국토지주택공사

## 제2절 도시별 비교 및 분석

### 1. 지역간 도로

#### 가. 여객 차량주행거리

- 지역별 차종별 차량주행거리 중 1종인 승용차의 차량 주행거리와 승용차의 평균재차인원(시군간, 내부존)을 곱하여 산출한 결과 경기도의 승용차 여객 차량주행거리가 가장 길고, 세종시의 승용차 여객 차량주행거리가 가장 짧게 나타남
- 2종인 버스의 차량주행거리와 버스 재차인원을 곱하여 버스의 여객 차량주행거리를 산정한 결과 경기도의 여객 차량주행거리가 가장 긴 것으로 나타나며, 서울시의 버스 여객 차량주행거리가 가장 짧은 것으로 확인됨

<표 6-8> 여객 차량주행거리

(단위:인·km)

지역	승용차 여객 차량주행거리		버스 여객 차량주행거리
	시군간 평균재차인원 적용	내부존 평균재차인원 적용	
서울특별시	2,079,786.17	2,220,523.58	8,304,776.25
부산광역시	4,277,576.52	4,073,882.40	17,683,875.30
대구광역시	8,496,917.00	7,724,470.00	48,453,781.20
인천광역시	8,578,229.40	8,908,161.30	22,753,917.63
광주광역시	1,509,525.54	1,312,201.94	5,366,568.06
대전광역시	5,347,885.65	4,773,616.05	27,188,631.90
울산광역시	6,409,422.00	5,608,244.25	36,718,933.62
세종특별자치시	3,210,680.20	3,118,946.48	-
경기도	172,390,140.16	179,995,587.52	487,808,752.31
강원도	29,501,767.89	27,089,673.66	95,861,207.00
충청북도	33,253,000.50	29,706,013.78	172,758,069.75
충청남도	49,619,413.52	44,069,873.85	181,454,536.16
전라북도	29,816,114.64	26,184,664.78	121,588,152.40
전라남도	34,715,691.24	31,956,828.36	176,032,988.04
경상북도	51,662,519.84	47,822,737.96	284,014,539.60
경상남도	55,209,814.25	48,798,351.95	221,164,339.20
제주특별자치도	8,948,843.20	6,887,592.80	23,878,024.50

## 나. VKT/인구

- 각 지역별 인구대비 차량주행거리를 산정한 결과 인구 1인당 차량주행거리가 가장 긴 지역은 세종시이며, 이어서 충청남도, 충청북도, 경상북도, 전라남도 순으로 확인됨. 인구 1인당 차량주행거리가 가장 짧은 지역은 서울시임
- 경제인구 1인당 차량주행거리가 가장 긴 지역은 충청북도이며, 이어서 충청남도, 강원도, 경상북도 순으로 나타남. 인구 1인당 차량주행거리와 마찬가지로 서울시의 경제인구 1인당 차량주행거리가 가장 짧은 것으로 확인됨

&lt;표 6-9&gt; 지역별 인구 1인당 차량주행거리, 경제인구 1인당 차량주행거리

(단위: 대·km/명)

지역	인구1인당 차량주행거리	경제인구 1인당 차량주행거리
서울특별시	0.12	0.23
부산광역시	1.00	3.56
대구광역시	3.25	6.42
인천광역시	2.90	9.48
광주광역시	0.92	1.83
대전광역시	3.46	6.71
울산광역시	5.68	11.90
세종특별자치시	25.81	
경기도	13.89	26.21
강원도	16.71	37.36
충청북도	20.62	41.15
충청남도	22.05	39.93
전라북도	14.77	31.84
전라남도	17.24	35.65
경상북도	19.70	37.35
경상남도	15.35	30.96
제주특별자치도	11.50	20.88

### 다. VKT/연료소모량

- 지역별 연료소모량 대비 차량주행거리가 가장 긴 지역은 전라남도이며, 가장 짧은 지역은 서울시로 확인됨. 이는 서울시의 연료소모량은 많으나 이에 비해 지역간도로의 차량주행거리는 짧기 때문으로 파악됨

<표 6-10> 지역별 연료소모량 대비 차량주행거리

(단위: 대·km/천TOE)

지역	지역별 연료소모량	지역	지역별 연료소모량
서울특별시	418.15	경기도	22,839.74
부산광역시	2,211.14	강원도	22,474.15
대구광역시	5,279.51	충청북도	24,236.00
인천광역시	6,667.40	충청남도	24,662.67
광주광역시	1,532.81	전라북도	21,059.98
대전광역시	6,817.88	전라남도	26,296.17
울산광역시	8,737.47	경상북도	23,840.25
세종특별자치시	-	경상남도	22,346.01
		제주특별자치도	17,115.92

주: 국가통계포털, 행정구역별 총인구(2013), 경제인구(2013. 12) (<http://kosis.kr/>)

### 라. VKT/차량등록대수

- 차량등록대수 대비 차량주행거리는 승용차는 1종에 대한 지역별 차량주행거리를 적용하였으며, 승합차는 2종, 화물+특수차는 3종(5종 구분 시 3종, 4종, 5종)의 지역별 차량주행거리를 이용함
- 승용차의 차량등록대수 대비 차량주행거리가 가장 긴 지역은 세종시이며, 가장 짧은 지역은 서울시임, 승합차와 화물+특수차량의 경우 충청북도가 차량등록대수 대비 차량주행거리가 가장 긴 것으로 나타남. 서울시는 승합차와 화물+특수차에 대한 차량주행거리가 전국에서 가장 짧은 것으로 확인됨

&lt;표 6-11&gt; 지역별 차량등록대수 대비 차량주행거리

(단위: 대·km/대)

지역	승용차 대비 1종의 차량등록대수	승합차 대비 2종의 차량등록대수	화물+특수차 대비 3종의 차량등록대수 (5종구분시 3,4,5종)
서울특별시	0.64	0.36	1.19
부산광역시	3.13	1.29	4.36
대구광역시	7.11	5.79	16.00
인천광역시	7.24	5.20	10.74
광주광역시	2.17	1.24	3.03
대전광역시	7.27	5.32	14.62
울산광역시	10.59	10.70	26.18
세종특별자치시	58.28	20.34	73.71
경기도	35.52	19.98	53.24
강원도	39.22	28.51	42.73
충청북도	44.61	31.39	67.69
충청남도	50.79	28.01	57.69
전라북도	33.61	24.93	43.87
전라남도	42.59	22.04	42.33
경상북도	40.34	27.96	54.08
경상남도	30.98	22.25	52.51
제주특별자치도	20.31	18.04	21.53

주: 국가통계포털, 차량등록대수(2013. 12) (<http://kosis.kr/>)

#### 마. VKT/lane·km

- 전체도로 대비 차량주행거리가 가장 긴 도로는 경기도 이며, 가장 짧은 도로는 서울시로 확인됨. 고속국도, 일반국도, 국지도, 지방도의 lane·km 대비 차량주행거리 또한 경기도가 가장 길고, 서울시가 가장 짧게 나타남

&lt;표 6-12&gt; 지역별 Lane·km 대비 차량주행거리

(단위: 대/lane)

지역	전체도로	고속국도, 일반국도, 국지도,지방도
서울특별시	125.28	1,023.18
부산광역시	570.49	3,112.77
대구광역시	1,383.95	6,387.71
인천광역시	1,288.01	6,870.44
광주광역시	317.07	2,020.22
대전광역시	1,317.51	5,496.69
울산광역시	1,549.30	5,664.29
세종특별자치시	3,678.19	7,577.43
경기도	4,487.25	10,263.81
강원도	1,365.42	2,717.75
충청북도	2,150.52	4,341.65
충청남도	2,384.99	4,698.02
전라북도	1,396.28	2,929.27
전라남도	1,346.53	3,052.87
경상북도	1,788.90	3,466.57
경상남도	2,178.75	4,436.27
제주특별자치도	1,251.93	3,409.51

주: KTDB 교통주제도

#### 바. VKT/토지용도면적

- 각 지역별 토지용도면적 대비 차량주행거리 지표 확인 결과, 주거면적은 충청북도와 충청남도의 차량주행거리가 길게 나타났으며, 서울시의 주거면적 대비 차량주행거리가 가장 짧은 것으로 확인됨. 상업면적 대비 차량주행거리가 가장 긴 지역은 충청남도이며, 공업면적 대비 차량주행거리가 가장 긴 지역은 경기도로 확인됨. 서울시는 상업면적 대비 차량주행거리와 공업면적 대비 차량주행거리가 전국에서 가장 짧게 나타남
- 도시 총 계획면적 대비 차량주행거리가 가장 긴 지역은 경기도와 충청남도이며, 가장 짧은



지역은 서울시임. 시가화면적 대비 차량주행거리가 가장 긴 지역은 경기도이며, 가장 짧은 지역은 서울시로 확인됨

<표 6-13> 지역별 용도면적 대비 차량주행거리

(단위: 대·km/m<sup>2</sup>, %)

지역	주거면적	상업면적	공업면적	도시 총 계획면적	시가화면적	시가화율(%)
서울특별시	0.00	0.05	0.05	0.00	0.00	60.1%
부산광역시	0.03	0.15	0.06	0.00	0.02	24.0%
대구광역시	0.07	0.44	0.20	0.01	0.05	22.5%
인천광역시	0.07	0.38	0.14	0.01	0.04	33.6%
광주광역시	0.02	0.15	0.06	0.00	0.01	22.4%
대전광역시	0.08	0.60	0.37	0.01	0.06	18.9%
울산광역시	0.10	0.87	0.08	0.01	0.04	20.1%
세종특별자치시	0.11	0.62	0.47	0.02	0.08	28.2%
경기도	0.31	2.82	1.50	0.05	0.24	21.4%
강원도	0.19	1.44	0.71	0.03	0.13	18.7%
충청북도	0.36	2.74	0.62	0.04	0.21	21.2%
충청남도	0.36	3.02	0.41	0.05	0.18	27.7%
전라북도	0.22	1.71	0.44	0.03	0.14	22.8%
전라남도	0.19	1.56	0.20	0.02	0.09	20.5%
경상북도	0.26	2.01	0.38	0.03	0.14	20.2%
경상남도	0.24	1.79	0.39	0.03	0.14	19.7%
제주특별자치도	0.14	1.10	1.47	0.02	0.12	13.0%

주: 국가통계포털, 용도지역 (2013) (<http://kosis.kr/>), 한국토지주택공사

## 2. 광역시별 비교분석

### 가. 여객주행거리(PKT)

- 6대 광역시 차량주행거리 산정 시 활용한 교통량 자료는 ITS검지기과 현장조사를 통해 수집됨. 이 중 ITS검지기 교통량 자료는 차종별 교통량을 제시하지 않아 차종별 교통량을 파악하는데 한계가 있음
- 현장조사를 통해 산출한 차종별 교통량을 활용하여 광역시 차종별 차량주행거리를 산출함.

도시별 차종비율은 <표 6-14>와 같음

- 차량주행거리는 교통량과 주행거리의 곱으로 산출되며 차종별 교통량을 이용하게 되면 차종별 차량주행거리 산출이 가능함
- 현실적으로 모든 단위구간의 차종별 교통량 자료 수집이 어려우므로 각 도시별 차종별 교통량 비율을 적용하여 차종별 교통량 자료를 산출함
- 각 도시별 차종별 교통량 비율은 각 도시별로 실시하고 있는 교통량 현장조사의 결과를 활용함
- 차종별 차량주행거리는 다음과 같이 산정함

$$VKT_k = \sum_i v_{ik} \times l_i = \sum_i (v_{ik} \times p_k) \times l_i$$

$VKT_k$ :  $k$ 차종의 차량주행거리(대·km/일)

$v_{ik}$ : 단위구간  $i$ 의  $k$ 차종의 교통량(대/일)

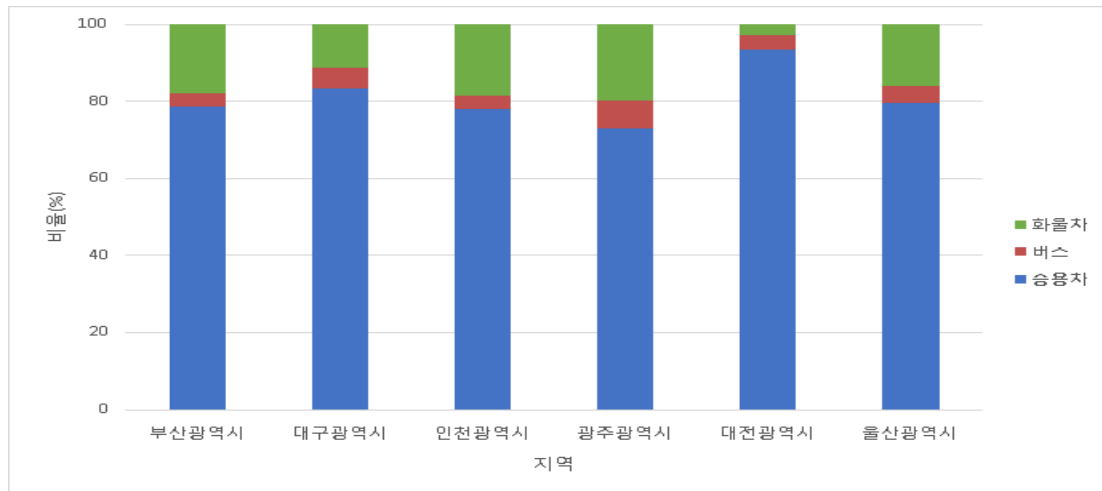
$l_i$ : 단위구간  $i$ 의 연장(km)

$p_k$ : 차종별 교통량 비율

<표 6-14> 도시별 차종비율

(단위:%)			
지역	승용차	버스	화물차
부산광역시	78.7	3.5	17.8
대구광역시	82.2	5.6	11.2
인천광역시	77.9	3.4	18.7
광주광역시	73.0	7.2	19.8
대전광역시	93.4	3.8	2.8
울산광역시	79.6	4.3	16.1

주: 부산광역시 차량교통량 조사결과 최종보고서(2014), 부산광역시  
 대구광역시 대구광역시 2012년도 교통관련 기초조사(2013), 대구광역시  
 2013 도시교통 기초조사(2014), 인천광역시  
 2013 교통관련 기초조사 결과보고서(2014), 광주광역시  
 대전광역시 2013년도 교통조사 및 분석보고서(2014), 대전광역시  
 2013년 정기 교통량 및 속도조사 결과(2013), 울산광역시



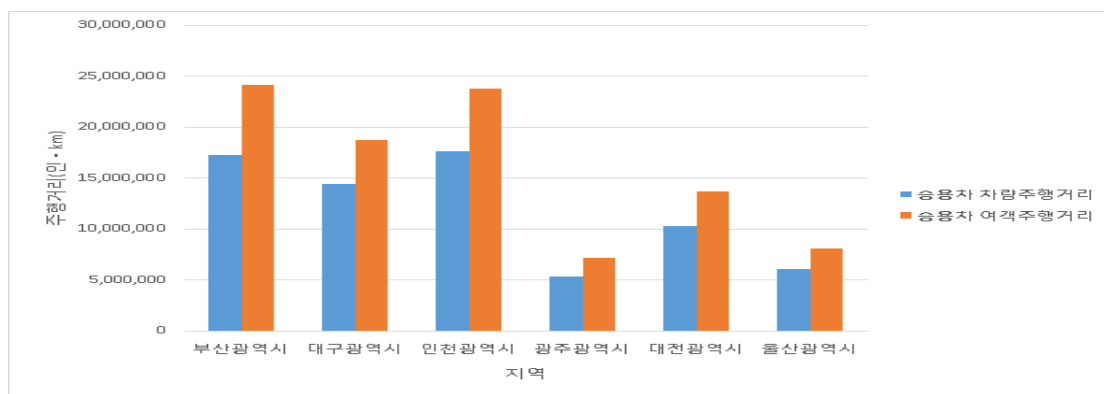
&lt;그림 6-1&gt; 도시별 차종비율

- 차종별 차량주행거리에 <표 6-2>의 도시부 차종별 평균재차인원을 곱하여 여객주행거리 (Passenger Kilometers Traveled, PKT)를 산정함
- 단, 도시지역에서 버스는 고정된 노선(route)를 주행하도록 운행계통이 정해져있어, 상기한 방법으로 산정한 버스 차종의 차량주행거리는 오차 발생 가능성이 높음
  - 광역시 도시에서 버스는 고정된 노선을 운행하며, 이를 고려하여 버스의 차량주행거리는 각 노선별 노선의 길이와 운행대수를 곱하여 각 노선별 버스 차종의 차량주행거리를 산출할 수 있음
  - 또한 모든 노선의 버스 차종의 차량주행거리의 합으로 해당 도시의 버스 차종 차량주행거리를 산출할 수 있을 것임
  - 위 식에 따른 버스 차종의 차량주행거리는 도시지역 버스의 운행계통을 고려하지 못한 방식으로서, 오차 발생 가능성을 내포함
- 이에 산출한 차종별 차량주행거리 중 승용차 차량주행거리만을 고려하여 여객주행거리 (PKT)를 산정함
- 광역시별 여객주행거리 산출 결과 부산광역시가 가장 길고 광주광역시가 가장 짧음

&lt;표 6-15&gt; 도시부 차종별 차량주행거리 및 여객주행거리

(단위:인·km)

지역	승용차 차량주행거리	승용차 여객주행거리
부산광역시	17,230,743.27	24,123,040.58
대구광역시	14,426,548.81	18,754,513.46
인천광역시	17,596,545.11	23,755,335.89
광주광역시	5,385,853.86	7,163,185.63
대전광역시	10,276,248.14	13,667,410.02
울산광역시	6,077,947.95	8,083,670.77

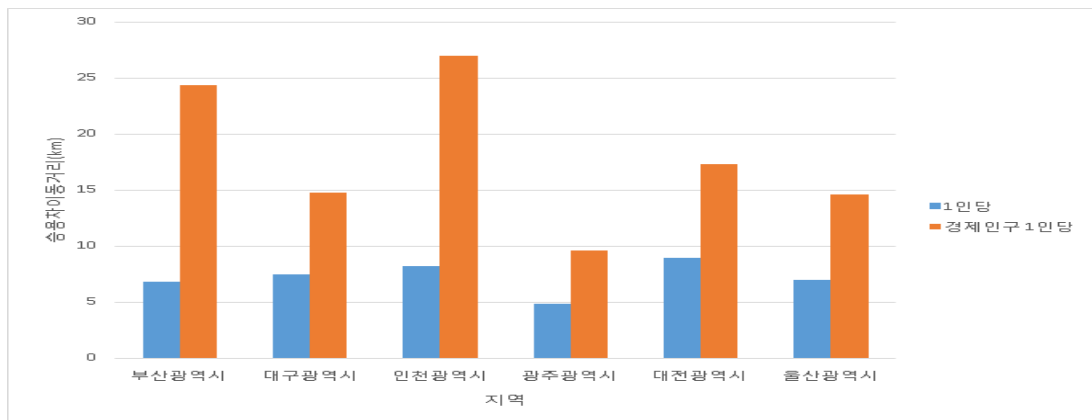


&lt;그림 6-2&gt; 도시부 차종별 차량주행거리 및 여객주행거리

- 각 도시별 여객주행거리를 도시별 인구수로 나누어, ‘1인당 1일 평균이동거리’를 산출할 수 있음
  - ‘1인당 1일 이동거리’는 인구의 차량소유나 운전경험과 무관하게 한 사람이 1일 동안 차량을 탑승하여 이동한 평균거리를 의미함. 예컨대, 1대의 차량으로 3명이 탑승하여 5km를 운행한 후 1명이 하차하고 2명이 탑승한 채로 5km를 추가 운행한 경우, 차량주행거리는 10대·km 여객주행거리 25인·km, ‘1인당 평균이동거리’는 8.3km임
  - VKT/인구수로 산출하는 ‘1인당 1일 평균차량주행거리’는 인구의 차량소유나 운전경험을 고려한 지표로서 한 사람이 1일 동안 차량을 이용(자가소유차량 또는 대여차량사용 및 운전을 통해 주행함을 의미)하여 이동한 거리 평균거리를 의미함. 상기한 예에서 ‘1인당 평균차량주행거리’는 3.3대·km/인임
- 각 도시별 1인당 1일 평균이동거리 산출 결과, 대전의 인구 1인당 평균이동거리가 가장 큰 것을 알 수 있음. 이는 6대 광역시 중 생활 및 경제활동을 위해 이동해야 하는 거리가 대전이 가장 큰 것을 의미함

&lt;표 6-16&gt; 도시부 1인당 1일 평균 승용차이동거리

지역	승용차 차량주행거리	승용차 여객주행거리	1인당 1일 평균 승용차이동거리	(단위:인·km, km)
				경제인구 1인당 1일 평균 승용차이동거리
부산광역시	17,230,743.27	24,123,040.58	6.84	24.37
대구광역시	14,426,548.81	18,754,513.46	7.50	14.81
인천광역시	17,596,545.11	23,755,335.89	8.25	26.96
광주광역시	5,385,853.86	7,163,185.63	4.86	9.63
대전광역시	10,276,248.14	13,667,410.02	8.92	17.28
울산광역시	6,077,947.95	8,083,670.77	6.99	14.64



&lt;그림 6-3&gt; 도시부 승용차이동거리

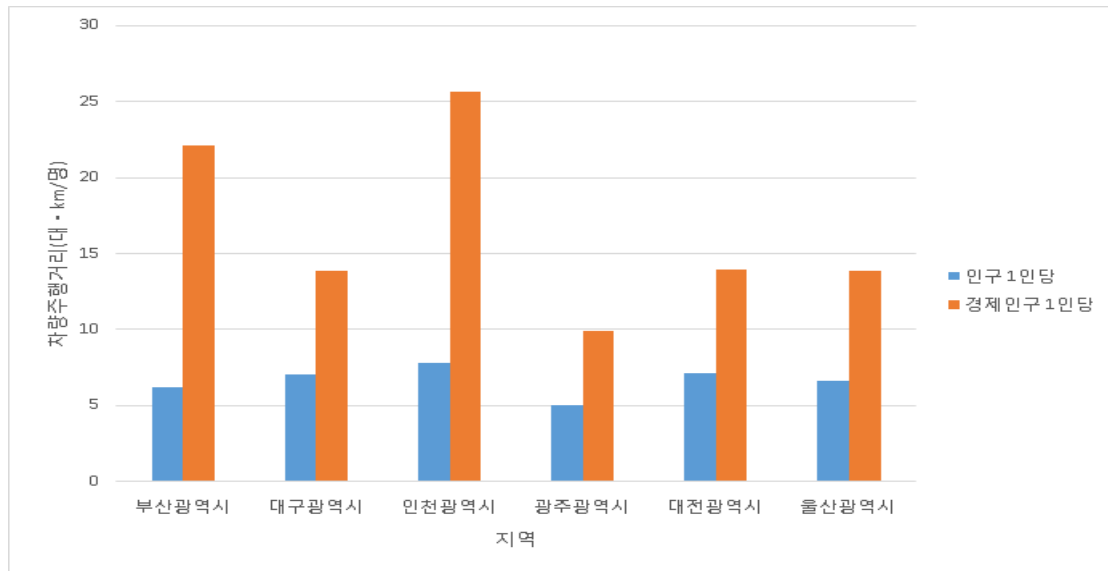
#### 나. VKT/인구

- 각 지역별 인구대비 차량주행거리를 산정하여 도시별 개인이 자동차를 이용한 통행거리를 분석한 결과 인구 1인당 통행거리가 가장 긴 지역은 인천광역시이며, 가장 짧은 지역은 광주광역시임
- 경제인구 1인당 통행거리가 가장 긴 지역은 인천광역시이며, 인구 1인당 통행거리와 마찬가지로 광주광역시의 경제인구 1인당 통행거리가 가장 짧은 것으로 확인됨

&lt;표 6-17&gt; 지역별 인구 1인당 차량주행거리, 경제인구 1인당 차량주행거리

(단위: 대·km/명)

지역	인구 1인당 차량주행거리	경제인구 1인당 차량주행거리	지역	인구 1인당 차량주행거리	경제인구 1인당 차량주행거리
부산광역시	6.21	22.12	대구광역시	7.02	13.86
인천광역시	7.84	25.64	광주광역시	5.01	9.92
대전광역시	7.18	13.91	울산광역시	6.60	13.83

주: 국가통계포털, 행정구역별 총인구(2013), 경제인구(2013. 12) (<http://kosis.kr/>)

&lt;그림 6-4&gt; 지역별 인구 1인당 차량주행거리, 경제인구 1인당 차량주행거리

## 다. VKT/연료소모량

- 지역별 연료소모량 대비 차량주행거리가 가장 긴 지역은 인천광역시이며, 가장 짧은 지역은 광주광역시로 확인됨

&lt;표 6-18&gt; 지역별 연료소모량 대비 차량주행거리

(단위: 대·km/천TOE)

지역	지역별 연료소모량	지역	지역별 연료소모량
부산광역시	13,726.78	대구광역시	11,403.86
인천광역시	18,042.04	광주광역시	8,317.79
대전광역시	14,141.91	울산광역시	10,153.74

주: 교통안전공단 내부자료 (2013)

### 라. VKT/차량등록대수

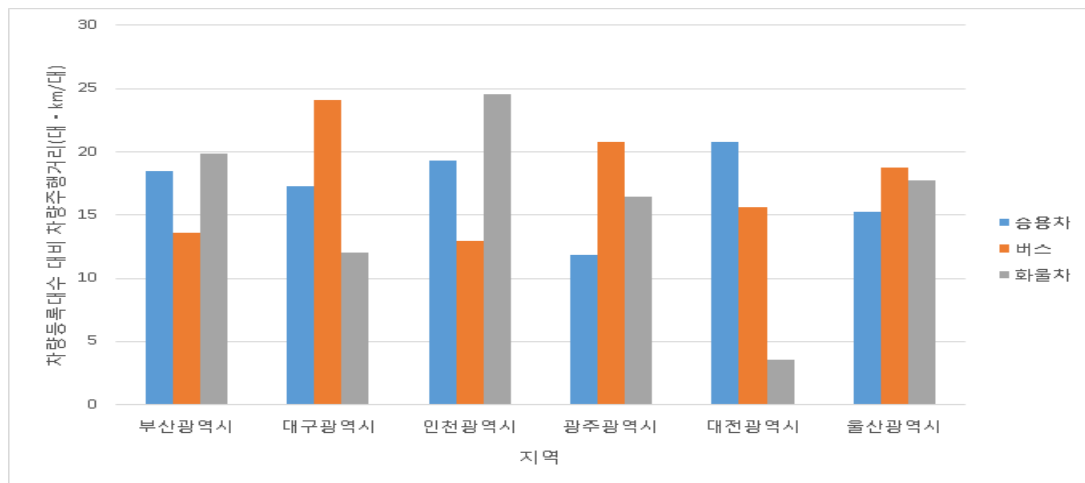
- 차량등록대수 대비 차량주행거리는 차종별 1대당 차량주행거리를 나타내며, 차종별 차량주행거리를 차량등록대수로 나눠서 산출함
- 승용차의 1대당 차량주행거리가 가장 긴 지역은 인천광역시이며, 가장 짧은 지역은 광주광역시임. 버스의 경우에는 대구광역시가 가장 길며 인천광역시가 가장 짧음. 화물차의 1대당 평균주행거리는 인천광역시가 가장 길며, 대전광역시가 가장 짧음

<표 6-19> 지역별 차량등록대수 대비 차량주행거리

(단위: 대·km/대)

지역	승용차	버스	화물차
부산광역시	18.51	13.59	19.86
대구광역시	17.26	24.10	12.07
인천광역시	19.31	12.98	24.59
광주광역시	11.87	20.75	16.48
대전광역시	20.81	15.60	3.59
울산광역시	15.26	18.73	17.72

주: 국가통계포털, 차량등록대수 (2013. 12) (<http://kosis.kr/>)



<그림 6-5> 지역별 차량등록대수 대비 차량주행거리

### 마. VKT/Lane·km

- 차로 당 차량대수는 차로 용량과 결합하여 도시부 혼잡도를 파악하기 위한 도시부 교통류 특성지표가 될 것으로 예상됨
- 도시 내 차로당 차량대수가 많은 도시는 광주광역시이며, 인천광역시가 차로당 차량대수가

가장 적음. 차로 당 차량대수가 많은 것은 차로용량대비 차량대수가 많은 것이며 이를 혼잡도로 판단하여 광주광역시가 도시부 교통망에서 가장 혼잡한 도시라고 볼 수 있음

<표 6-20> 도시별 Lane·km 대비 차량주행거리

지역	단위구간 Lane · km (Lane · km)	Lane·km 대비 차량주행거리 (대/lane)
부산광역시	2,598.12	8,426.94
대구광역시	2,522.02	6,958.92
인천광역시	3,048.45	7,409.87
광주광역시	1,318.43	5,595.96
대전광역시	1,793.93	6,133.13
울산광역시	1,197.33	6,377.20

#### 바. VKT/토지용도면적

- 각 지역별 토지용도면적 대비 차량주행거리 지표 확인 결과, 주거면적은 인천광역시의 차량주행거리가 가장 길게 나타났으며, 광주광역시와 울산광역시의 주거면적 대비 차량주행거리가 가장 짧음. 상업면적과 공업면적 대비 차량주행거리가 가장 긴 지역은 모두 대전광역시로 확인됨. 광주광역시는 상업면적 대비 차량주행거리와 공업면적 대비 차량주행거리가 전국에서 가장 짧게 나타남
- 도시 총 계획면적 대비 차량주행거리가 가장 긴 지역은 인천광역시이며, 가장 짧은 지역은 울산광역시임. 시가화 면적 대비 차량주행거리가 가장 긴 지역은 대전광역시와 인천광역시이며, 가장 짧은 지역은 울산광역시로 확인됨

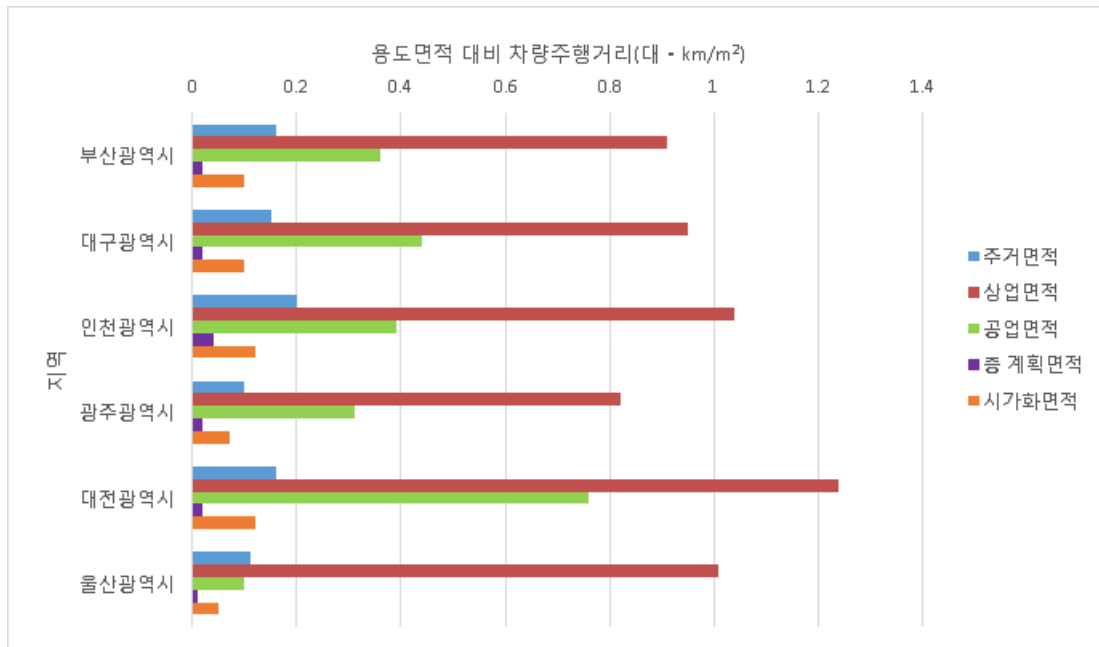
<표 6-21> 지역별 용도면적 대비 차량주행거리

(단위: 대·km/m<sup>2</sup>,%)

지역	주거면적	상업면적	공업면적	총 계획면적	시가화면적	시가화율(%)
부산광역시	0.16	0.91	0.36	0.02	0.10	24.0%
대구광역시	0.15	0.95	0.44	0.02	0.10	22.5%
인천광역시	0.20	1.04	0.39	0.04	0.12	33.6%
광주광역시	0.10	0.82	0.31	0.02	0.07	22.4%
대전광역시	0.16	1.24	0.76	0.02	0.12	18.9%
울산광역시	0.11	1.01	0.10	0.01	0.05	20.1%

주: 국가통계포털, 용도지역 (2013) (<http://kosis.kr/>), 한국토지주택공사





<그림 6-6> 지역별 토지용도면적 대비 차량주행거리

### 3. 차량주행거리 관련지표를 활용한 차량주행거리 산정결과 검토

#### 가. 개요

- 본 연구에서는 6대광역시 각 도시의 차량주행거리를 산정하였음
- 차량주행거리는 차량이 주행한 거리의 총합이며, 차량으로 이동 가능한 모든 도로의 교통량과 해당 도로 연장의 곱으로 산출됨
- 차량으로 이동 가능한 모든 도로의 교통량을 알기는 현실적으로 어려우므로 본 연구에서는 기능에 따라 도로를 4가지(도시고속도로, 주간선도로, 보조간선도로, 집분산도로)로 분류하고 교통량 수집이 용이한 도시고속도로, 주간선도로, 보조간선도로만을 차량주행거리 산정 대상으로 고려하였음
- 한편, 도로의 교통량 자료는 차량검지기 설치 또는 교통량 조사를 통해 수집이 가능하나 이는 대규모의 비용 투자를 요구함. 이러한 비용 제약의 문제로 차량주행거리 산정 대상이 되는 도시고속도로, 주간선도로, 보조간선도로의 교통량 자료를 모두 파악하는 것도 현실적으로 어려움
- 이에 차량주행거리 산정을 위해서는 교통량을 추정하는 과정이 필요함
- 본 연구 제5장 제2절에서 공간통계기법인 회귀크리깅을 이용하여 교통량 추정 및 차량주행거리 산정을 하였으나, 교통량에 대한 정보를 모두 파악 가능한 전수조사가 선행되지 않고서는 교통량 추정 및 차량주행거리 산정 결과의 검증은 어려움
  - 미국 HPMS에서 적용하고 있는 차량주행거리 산정방법으로 6대광역시의 차량주행거리를 산정하고 이를 공간통계기법 적용 결과와 비교를 하였으나 이는 두 방법론의 차이를 점검하는 것임(‘제5장 제2절 4. 차량주행거리 산정 중 나. 차량주행거리 산정 결과의 적정성 검토’ 참고)
  - 두 방법 모두 교통량 ‘추정(estimation)’ 과정을 거치므로 ‘추정 방법’의 차이를 알 수는 있지만 ‘추정 결과’의 검증은 어려운 한계를 가짐
- 여기에서는 차량주행거리를 활용한 다양한 지표를 통해 본 연구에서 산정한 6대광역시 차량주행거리 산정 결과의 적절성을 간접적으로 검증하고자 함
  - 각 도시별 연장(km)·차로수 고려 연장(lane·km)·차량등록대수(대) 당 차량주행거리(대·km)를 산출하고 이들 산출값이 함의하는 바를 통해 차량주행거리 산정 결과의 간접적 적절성 검

도를 수행하고자 함

- 6대광역시 차량주행거리 산정 결과의 적절성을 검토하는 방법은 크게 i) 도시별 비교를 통한 방법과 ii) 타 기관에서 산정하는 차량주행거리와의 비교를 통한 방법으로 나눌 수 있음
- ‘도시별 비교를 통한 방법’은 특정 지표를 산출하고 그 지표 값(value)의 결과가 광역시급 도시로서 갖게 되는 적정범위 내에 포함되는지를 통해 적절성을 검증하는 방법임
  - 이 방법은 광역시급 도시에서 이루어지는 차량통행패턴은 유사하다는 전제하에, 각 도시별 차량통행패턴을 나타낼 수 있는 특정 지표를 만들어 산출하고, 해당 지표값의 비교를 통해 차량주행거리 산정 결과를 검증하는 방법임
  - 예컨대, 본 연구에서 산정한 차량주행거리는 도시고속도로·주간선도로·보조간선도로에서의 차량주행량(거리)이므로 광역시급 도시의 도로 기능별 도로 인프라 공급이나 도로 인프라 이용 행태가 유사하다고 가정할 때, 전체 도로연장 대비 차량주행거리라는 지표 산출 결과는 도시별로 유사한 값을 갖을 수 있음
  - 본 연구에서 산정한 차량주행거리 기반 지표를 통해 도시별 차량통행패턴의 유사성을 보임으로써 차량주행거리 산정 결과의 적절성을 간접적으로 검토함
- ‘타 기관에서 산정하는 차량주행거리와의 비교를 통한 방법’은 교통안전공단에서 산정하는 차량주행거리와의 비교를 통해 본 연구에서 산정한 차량주행거리 결과를 검증하는 방법임
  - 교통안전공단에서 산정하는 차량주행거리는 비교통량 기반 산정방법 중 하나로서, 특정 도시에 등록된 전체 차량(모집단) 중 특정 차량(표본집단)을 대상으로 정기적으로 주행거리를 조사하고, 표본집단의 주행거리 평균이 모집단에서도 동일하다는 가정을 통해 모집단의 총 주행거리를 산정한 결과임
  - 교통안전공단에서 산정한 차량주행거리는 특정 도시에 등록된 차량이 해당 도시 내 모든 도로(도시고속도로, 주간선도로, 보조간선도로, 집분산도로)를 주행한 거리 뿐만 아니라, 등록된 도시를 벗어나 타 도시에서 주행한 거리까지 모두 포함된 것임
  - 특정 도시에 등록된 차량의 통행을 ‘도시 내 통행’과 ‘도시 외부 지역간 통행’으로 구분할 때, 교통안전공단에서 산정한 차량주행거리는 ‘도시 내 통행’과 ‘도시 외부 지역간 통행’을 모두 포함한 결과임
  - 교통안전공단과 본 연구의 차량주행거리 산정 범위 및 산정 방법의 차이를 바탕으로 본 연구에서 산정한 차량주행거리의 적절성을 검토하고자 함

## 나. 지표정리

- 상기한 두 방법(도시별 비교를 통한 방법, 타 기관 산정 결과의 비교를 통한 방법)으로 차량주행거리 산정 결과의 적절성 검토를 위해 차량주행거리를 활용한 지표를 산출하고자 함
- 여기에서 산출하고자 하는 차량주행거리(이하 ‘VKT’) 기반 지표는 다음과 같음
  - 총도로연장 대비 VKT
  - 차량등록대수 대비 VKT
  - 차량등록대수\*도로연장 대비 VKT
  - 차로수\*도로연장대비 VKT
  - 차량등록대수\*차로수\*도로연장대비 VKT
- ‘총도로연장 대비 VKT’는 본 연구에서 산정한 6대광역시 도시별 총VKT를 각 도시의 총도로연장(VKT산정대상 도로와 집분산도로 모두 포함)으로 나눈 값으로, 이 지표 산출을 위해서는 도시별 총도로연장(km) 정보가 필요함. 도시별 총도로연장은 본 연구에서 도시부 VKT 산정을 위해 사용한 ITS표준링크의 도로속성정보의 링크연장을 활용함
- ‘차량등록대수 대비 VKT’는 본 연구에서 산정한 6대광역시 도시별 총VKT를 각 도시의 차량등록대수로 나눈 값이며, 이 지표 산출을 위해서는 도시별 차량등록대수 정보가 필요함. 도시별 차량등록대수는 통계청에서 집계된 자료를 활용함
- ‘차량등록대수\*도로연장 대비 VKT’는 본 연구에서 산정한 6대광역시 도시별 총VKT를 ‘차량등록대수와 도로연장을 곱한 값’으로 나눈 값임. 이 지표에서 고려하는 도로연장은 VKT 추정대상이 되는 도로(도시고속도로, 주간선도로, 보조간선도로)연장의 합이며, 이 지표 산출을 위해서는 도시별 기능별 도로연장(km) 정보가 필요함. 도시별 기능별 도로연장은 ITS표준링크의 도로속성정보 중 링크연장을 활용함
- ‘차로수\*도로연장대비 VKT’는 6대광역시 도시별 총VKT를 ‘차로수와 도로연장을 곱한 값’으로 나눈 값임. 이 지표 산출을 위해서는 차로수 정보가 필요하며, 이는 ITS표준링크의 도로속성정보 중 차로수 정보를 활용함
- ‘차량등록대수\*차로수\*도로연장대비 VKT’는 6대광역시 도시별 총VKT를 ‘차량등록대수, 차로수, 도로연장을 곱한 값’으로 나눈 값임. 이 지표 산출을 위해서는 차량등록대수, 차로수, 도로연장 정보가 필요함
- 상기한 VKT 기반 지표 산출을 위해 필요한 정보는 <표 6-22>~<표 6-25>과 같음

&lt;표 6-22&gt; 산출방법에 따른 지역 차량주행거리

(단위: 대 · km)

지역	회귀크리깅 VKT	도로교통공단 산정 VKT
부산광역시	21,894,210	56,245,552
대구광역시	17,550,546	45,010,353
인천광역시	22,588,636	49,468,108
광주광역시	7,377,882	25,160,038
대전광역시	11,002,407	25,448,468
울산광역시	7,635,613	19,674,294

&lt;표 6-23&gt; 도시별 전체도로 및 단위구간 길이

(단위: km)

지역	총 도로연장	VKT산정대상 도로 연장 (=전체 단위구간 연장)
부산광역시	2,461.4	456.4
대구광역시	1,790.3	384.5
인천광역시	2,023.7	527.4
광주광역시	2,037.5	226.6
대전광역시	1,982.3	325.3
울산광역시	1,219.9	331.9

&lt;표 6-24&gt; 도시별 차량등록대수x도로연장

(단위: 대, km, 대 · km)

지역	차량등록대수 (A)	VKT산정대상 도로 연장 (B) (=전체 단위구간 연장)	차량등록대수*도로연장 (A*B)
부산광역시	1,183,679	456.4	540,231,096
대구광역시	1,039,225	384.5	399,582,013
인천광역시	1,142,351	527.4	602,475,917
광주광역시	568,054	226.6	128,721,036
대전광역시	606,283	325.3	197,223,860
울산광역시	485,184	331.9	161,032,570

&lt;표 6-25&gt; 도시별 Lane · km

(단위: lane · km)

지역	총 Lane · km	VKT산정대상 Lane · km
부산광역시	6,608.2	2,598.1
대구광역시	5,333.7	2,522.0
인천광역시	6,041.0	3,048.4
광주광역시	4,940.2	1,318.4
대전광역시	5,108.0	1,793.9
울산광역시	2,973.4	1,197.3

#### 다. 도시별 비교를 통한 차량주행거리 적절성 검토

##### 1) 도로연장 대비 VKT

- 도로연장 대비 VKT는 도시별 총VKT를 각 도시의 도로연장으로 나눈 값으로 다음과 같이 산출 가능함

$$I_i = A_i / B_i$$

$I_i$ :  $i$ 도시의 총도로연장 대비 총차량주행거리 (대 · km / km)

$A_i$ :  $i$ 도시의 총차량주행거리 (대 · km)

$B_i$ :  $i$ 도시의 전체도로길이 (km)

- 총도로연장 대비 VKT는 도시 내 전체 도로 중 VKT 산정 대상이 되는 도로(도시고속도로, 주간선도로, 보조간선도로)를 이용한 차량의 규모를 의미함
- 각 도시에서 도로 기능별 도로 인프라 공급규모가 비슷할 경우 해당 도시에서 차량 이동을 통한 경제활동<sup>1)</sup>의 정량적 규모는 도시의 규모나 기능에 따라 다를 수 있음. 이를 광역시에 적용하면, 광역시급 도시에서 차량 이동을 통한 경제활동규모는 유사한 값(value)을 갖을 수 있을 것으로 판단됨
- 6대 광역시의 총도로연장 대비 VKT는 도시별 약 3,600~11,000 대·km/km의 범위를 나타냄. 총 도로연장 대비 VKT는 각 도시별 도로 기능별 인프라 공급의 차이를 반영하지 못하는 한계가 있음
- 도시별 도로 기능별 도로 인프라 공급규모의 상이함을 고려하여 VKT산정대상 도로연장 대비 VKT를 산정한 결과, 약 23,000~47,000 대·km/km의 범위를 나타냄

1) 도시 내에서 차량 이동을 통한 사람의 활동은 경제활동 뿐만 아니라 비경제활동(여가, 운동, 친지방문 등)도 모두 포함되나, 본 연구에서는 이러한 사람의 모든 활동을 경제활동으로 칭함.

- VKT산정대상 도로연장 대비 VKT는 각 도로의 용량을 고려한 인프라 공급의 차이를 반영하지 못하는 한계가 있음. 이에 VKT산정대상 도로의 차로수를 고려한 차로수\*도로연장 대비 VKT를 산출한 결과, 약 5,600~8,400 대·km/lane·km의 범위를 나타냄
- 이는 각 도시별 차량 이동을 통해 도로인프라를 이용하여 이루어진 경제활동의 정량적 규모를 의미한다고 볼 수 있음
  - 차로수를 고려한 도로연장 대비 VKT는 경제활동의 규모뿐만 아니라, 도로의 혼잡도를 간접적으로 나타내는 지표이기도 함
- 각 도시별 산출된 지표와 지역내총생산(GRDP)을 함께 고려하면 차량 1대의 이동을 통한 경제활동의 생산성을 살펴볼 수 있음. 이를 살펴본 결과 울산광역시에서 차량 이동을 통한 경제활동의 생산성이 가장 높다고 볼 수 있음

&lt;표 6-26&gt; 도시별 도로연장 대비 총 차량주행거리

(단위: 대 · km / km, 대 · km / lane · km)

지역	연장대비 총 VKT	총연장 대비 VKT산정대상 도로 연장 비율 <sup>1)</sup> (%)	VKT산정대상 도로연장 대비 총 VKT <sup>2)</sup> (A)	VKT산정대상 도로의 차로수고려 연장 대비 총 VKT (B)	지역내총생산 (C) (GRDP, 10억원) <sup>3)</sup>	C / A	C / B
부산광역시	8,895	18.5	47,972	8,427	69,987	1.46	8.31
대구광역시	9,803	21.5	45,645	6,959	44,846	0.98	6.44
인천광역시	11,162	26.1	42,830	7,410	64,678	1.51	8.73
광주광역시	3,621	11.1	32,559	5,596	29,646	0.91	5.30
대전광역시	5,550	16.4	33,822	6,133	32,230	0.95	5.26
울산광역시	6,259	27.2	23,006	6,377	67,701	2.94	10.62

주 1: '총연장 대비 VKT산정대상 도로 연장 비율'은 각 도시별 전체 도로의 총 연장 중 VKT산정대상도로인 도시고속도로, 주간선도로, 보조간선도로 연장 합계 비율임.

주 2: 'VKT산정대상 도로연장 대비 총 VKT'은 각 도시별 총VKT를 각 도시별 도시고속·주간선·보조간선도로 연장의 합으로 나눈 값임.

주 3: '지역내총생산(GRDP)'은 지역 안에서 생산되는 최종생산물품의 합계를 말하며, 해당 지역의 거주하는 주민에 의한 것인지에 관계없이 해당 지역에서 발생한 부가가치는 모두 계상됨. 상기한 지역내총생산은 통계청 「지역소득」에서 제시된 2013년 기준 수치임.

- 한편, <표 6-26>에서 산출한 도로연장 대비 총VKT, 즉 차량이동을 통한 경제활동규모는 도시별로 상이함을 볼 수 있는데, 이는 각 도시별 차량 1대의 생산성의 차이뿐만 아니라 경제활동을 위해 투입 가능한 차량대수를 고려하지 못하기 때문으로 볼 수 있음. 경제활동을 위해 투입 가능한 차량대수가 많은 도시는 도로연장 대비 VKT가 높게 산출될 수 있음

## 2) 차량등록대수 대비 VKT

- 차량등록대수 대비 VKT는 도시부 총 차량주행거리를 각 도시의 차량등록대수로 나눈 값으로 다음과 같이 산출 가능함

$$I_2 = A_i / C_i$$

$I_2$ : 차량등록대수 별 총 차량주행거리 (대 · km / 대)

$A_i$ :  $i$ 도시의 총 차량주행거리 (대 · km)

$C_i$ :  $i$ 도시의 차량등록대수 (대)

- 차량등록대수 대비 VKT는 도시 내 전체 차량 중 VKT산정 대상이 되는 도로를 이용한 규모를 의미함
- 또한 차량등록대수 대비 VKT는 도시 내 차량들이 경제활동을 위해 이용되는 평균 이동량을 의미한다고 볼 수 있음
- 6대 광역시의 차량등록대수대비 VKT는 <표 6-27>과 같으며 도시별 약 13~20 대·km/대의 범위를 나타냄

<표 6-27> 도시별 차량등록대수 당 차량주행거리

지역	차량등록대수대비 VKT (A)	지역내총생산 (B) (GRDP, 10억원)	(단위: 대 · km / 대)
			지역내총생산 / 차량주행거리 (B/A)
부산광역시	18.50	69,987	3,784
대구광역시	16.89	44,846	2,655
인천광역시	19.77	64,678	3,271
광주광역시	12.99	29,646	2,283
대전광역시	18.15	32,230	1,776
울산광역시	15.74	67,701	4,302

- 도시별 지역내총생산(GRDP)을 차량등록대수대비 VKT로 나누어 산출한 값은 차량을 이용한 도로 이동으로 발생하는 경제활동의 생산성을 의미한다고 볼 수 있음. 분석결과 울산광역시가 가장 높는데, 이는 한 단위의 차량이동을 통해 기대할 수 있는 생산성이 울산광역시가 상대적으로 높다고 볼 수 있으며 또한 울산에서 연료의 사용이 가장 경제적·효율적으로 이루어지고 있음을 의미한다고 볼 수 있음
- 한편, 차량등록대수대비 VKT가 도시마다 다르게 분포하고 있는데, 이는 도시별 도로망의 구



조를 반영하지 못하는 한계가 있기 때문에 판단됨

- 도로망이 형성된 구조에 따라 단위면적을 통과하기 위해 필요한 이동거리는 달라질 수 있는데, 차량등록대수 당 VKT는 이러한 점을 고려하지 못하는 한계가 있음

### 3) 차량등록대수\*도로연장 대비 VKT

- 차량등록대수\*도로연장 대비 VKT는 도시별 총VKT를 각 도시의 차량등록대수와 도로연장의 곱으로 나눈 값으로 다음과 같이 산출 가능함

$$I_3 = A_i / (C_i \times D_i)$$

$I_3$ : 차량등록대수\*도로연장 대비 VKT (대·km / 대·km)

$A_i$ :  $i$ 도시의 총차량주행거리 (대·km)

$C_i$ :  $i$ 도시의 차량등록대수 (대)

$D_i$ :  $i$ 도시의 VKT산정대상 도로연장(=단위구간 연장) (km)

- 차량등록대수\*도로연장 대비 VKT는 도시 내 전체 차량 중 경제활동을 위해 운행하는 차량의 비율을 의미한다고 볼 수 있음
- ‘차량등록대수\*도로연장 대비 VKT’는 ‘도로연장 대비 VKT’지표가 경제활동을 위해 투입 가능한(잠재적 이동성을 갖는) 차량 대수를 고려하지 못하는 한계점과 ‘차량등록대수 당 VKT’지표가 도시 교통망의 구조를 반영하지 못하는 한계점을 보완할 수 있는 지표임
  - ‘도로연장 대비 VKT’지표는 해당 도시의 차량대수를 고려하지 못하는데 차량대수가 많은 도시는 그렇지 않은 도시에 비하여 도시 내를 주행하는 차량이 많을 수 있음
  - ‘차량등록대수 당 VKT’지표는 해당 도시의 교통망의 구조를 고려하지 못하는데, 동일한 단위면적 내 최단거리로 도로망이 형성된 도시는 굴곡도가 높게 도로망이 형성된 도시에 비하여 주행 거리가 짧을 수 있음
- 차량등록대수\*도로연장 대비 VKT 산출 결과는 <표 6-28>과 같으며, 3.75~5.73%의 범위를 나타냄
- 광역시급 도시의 각 도시별 전체 차량 중 경제활동을 위해 운행하는 차량의 비율은 유사한 값(value)을 갖을 수 있을 것으로 판단되는 바, 본 연구의 차량주행거리 산정 결과는 적절하다고 볼 수 있음

&lt;표 6-28&gt; 도시별 차량등록대수\*도로연장 대비 총 차량주행거리

(단위: 대 · km / 대 · km)

지역	차량등록대수*도로연장 대비 총 VKT	VKT산정대상 도로연장 대비 총 VKT	차량등록대수 당 총 VKT
부산광역시	4.05%	47,972	18.50
대구광역시	4.39%	45,645	16.89
인천광역시	3.75%	42,830	19.77
광주광역시	5.73%	32,559	12.99
대전광역시	5.58%	33,822	18.15
울산광역시	4.74%	23,006	15.74

## 라. 타 기관에서 산출한 차량주행거리와의 비교를 통한 적절성 검토

- 여기에서는 교통안전공단에서 산정하는 차량주행거리와의 비교를 통해 본 연구에서 산정한 차량주행거리 결과의 적절성을 검토하고자 함
- 교통안전공단에서 산정하는 차량주행거리는 비교통량 기반 산정방법 중 하나로서, 특정 도시에 등록된 전체 차량(모집단) 중 특정 차량(표본집단)을 대상으로 정기적으로 주행거리를 조사하고, 표본집단의 주행거리 평균이 모집단에서도 동일하다는 가정을 통해 모집단의 총주행거리를 산정한 결과임
- 교통안전공단에서 산정한 차량주행거리는 특정 도시에 등록된 차량이 해당 도시 내 모든 도로(도시고속도로, 주간선도로, 보조간선도로, 집분산도로)를 주행한 거리뿐만 아니라, 등록된 도시를 벗어나 타 도시에서 주행한 거리까지 모두 포함된 것임
  - 특정 도시에 등록된 차량의 통행을 ‘도시 내 통행’과 ‘도시 외부 지역간 통행’으로 구분할 때, 교통안전공단에서 산정한 차량주행거리는 ‘도시 내 통행’과 ‘도시 외부 지역간 통행’을 모두 포함한 결과임
- 이러한 차량주행거리 산정 범위와 산정 방법의 차이를 고려하여 교통안전공단의 차량주행거리 산정 결과를 비교 가능하도록 보정하고, 보정된 교통안전공단의 차량주행거리 산정 결과와 본 연구의 차량주행거리 산정 결과를 비교하여 적절성을 검토함

### 1) 교통안전공단 차량주행거리 산정 결과의 보정

- 교통안전공단의 차량주행거리는 산정 범위 측면에서 다음과 같은 차이점이 존재함
  - VKT 산정 통행: 교통안전공단의 차량주행거리는 ‘도시 내 통행’과 ‘도시 외부 지역간 통행’이 모두 포함된 결과임
  - VKT 산정 도로: 교통안전공단의 차량주행거리는 도시고속, 주간선, 보조간선도로 뿐만 아니라 집분산도로까지 포함한 도로의 이동 거리가 모두 포함된 결과임
- 이에 본 연구에서 산정한 차량주행거리와의 비교를 위해 교통안전공단의 차량주행거리 산정 결과를 다음과 같이 보정함
  - 도시 외부 지역간 통행 제거: KTDB의 O/D통행량을 기준으로 각 도시별 총발생·도착량 중 내부통행량의 비율( $\lambda_i$ )을 산출하고, 교통안전공단의 도시별 차량주행거리 산정 결과에 이를 곱하여 도시 외부 지역간

### 통행을 제거함

- VKT 산정 대상 도로 일치: 각 도시별 총도로연장 대비 도시고속주간선·보조간선도로 연장의 비율( $\omega_i$ )을 산출하고, 이를 교통안전공단 차량주행거리 에 곱하여 집분산도로의 차량주행거리를 제거함

$$VKT_i^{KR*} = VKT_i^{KR} \times \lambda_i \times \omega_i$$

$VKT_i^{KR*}$ : 비교가 가능하도록 보정된  $i$ 도시의 교통안전공단 차량주행거리

$VKT_i^{KR}$ :  $i$ 도시의 교통안전공단 차량주행거리

$\lambda_i$ :  $i$ 도시의 KTDB OD기준 총발생·도착량 중 내부통행량의 비율

$\omega_i$ :  $i$ 도시의 총도로연장 대비 도시고속·주간선·보조간선도로 연장의 비율

<표 6-29> 도시별 보정된 교통안전공단 산정 차량주행거리

지역	$VKT_i^{KR(1)}$	$\lambda_i^{(2)}(\%)$	$\omega_i^{(3)}(\%)$	$VKT_i^{KR*}$
부산광역시	56,245,552	85.95	39.32	19,008,488
대구광역시	45,010,353	79.30	47.28	16,875,750
인천광역시	49,468,108	71.83	50.46	17,929,923
광주광역시	25,160,038	85.40	26.69	5,734,793
대전광역시	25,448,468	81.27	35.12	7,263,508
울산광역시	19,674,294	86.30	40.27	6,837,409

주 1: 교통안전공단에서 산출한  $i$ 도시의 차량주행거리임.

주 2:  $i$ 도시의 KTDB OD기준 총발생·도착량 중 내부통행량의 비율임. 이를 산출하기 위해 사용한 KTDB OD는 2012년에 배포한 2010년 승용차OD와 버스OD를 합친 자료임.

주 3:  $i$ 도시의 총도로연장 대비 도시고속·주간선·보조간선도로 연장의 비율,  $\omega_i$ 는 차로수 고려한 연장(Lane·km) 기준으로 산출한 값임.

주 4: 비교가 가능하도록 보정된  $i$ 도시의 교통안전공단 차량주행거리임.

### 2) 교통안전공단 차량주행거리와의 비교

- 비교가 가능하도록 보정한 교통안전공단의 차량주행거리와 본 연구에서 산정한 차량주행거리를 비교한 결과 교통안전공단의 차량주행거리는 (본 연구의 차량주행거리 대비)약 4~34% 정도 작은 결과를 나타냈음

&lt;표 6-30&gt; 도시별 차량주행거리 비교 결과

지역	본 연구에서 산정한 VKT [A]	교통안전공단에서 산정한 VKT 보정치 [B]	오차율(%) [(A-B) / A]
부산광역시	21,894,210	19,008,488	-13.18%
대구광역시	17,550,546	16,875,750	-3.84%
인천광역시	22,588,633	17,929,923	-20.62%
광주광역시	7,377,882	5,734,793	-22.27%
대전광역시	11,002,407	7,263,508	-33.98%
울산광역시	7,635,613	6,837,409	-10.45%

- 각 도시별 보정된 교통안전공단의 차량주행거리는 해당 도시에 등록된 차량들이 해당도시 내에서 이동한 차량주행거리를 의미하는 반면, 본 연구의 차량주행거리는 타 도시에 등록된 차량의 해당 도시 내 주행거리를 포함한 값임
- 이러한 점을 고려할 때 본 연구에서 산정한 차량주행거리는 보정된 교통안전공단의 VKT에 비하여 큰 값을 가질 수 있을 것으로 판단됨
- 또한 도시별 교통량 수집율(본 연구의 차량주행거리 산정 시)이나 주행거리 정기조사 대상 차량의 표본율(교통안전공단의 차량주행거리 산정 시)의 차이를 감안할 경우 본 연구의 차량주행거리 산정 결과는 적절하다고 볼 수 있음

### 제3절 시사점

- 차량주행거리와 다양한 통계자료를 활용하여 각 지역별 차량주행거리 지표를 산출함
  - 여객 차량주행거리의 경우 재차인원을 적용하여 차종에 따른 지역별 여객 차량주행거리를 산출하였으며, 인구 1인당 차량주행거리와 경제인구 1인당 차량주행거리를 통해 인구대비 차량주행거리를 확인하였음
  - 각 지역별 연료소모량을 파악하여 연료소모량 대비 차량주행거리에 대해 지역별로 산출하였고, 차종별 차량등록대수 대비 차량주행거리를 나타냄
  - lane·km 대비 차량주행거리를 통해 lane당 주행차량 대수를 파악하였으며, 용도지역에 따른 차량주행거리를 통해 주거면적 대비 차량주행거리, 상업면적 대비 차량주행거리, 공업면적 대비 차량주행거리, 도시 총 계획면적 대비 차량주행거리, 시가화 면적 대비 차량주행거리에 대한 지표를 도출함
- 차량주행거리를 활용한 지표산정 결과를 바탕으로 각 지역별 차량주행거리에 대하여 확인하고, 이를 통해 각 지역별 지표별 차량주행거리를 비교함
- 본 연구에서 산정한 차량주행거리의 적절성을 검토하기 위해 교통안전공단에서 도시별 차량등록대수와 도시부 총 도로연장을 통해 산출한 차량주행거리를 비교하였음
- 본 장에서는 다양한 지역별 차량주행거리 활용 지표를 검토하고, 이를 통해 지역별 비교를 수행함. 본 연구에서는 크게 6개로 분류된 지표에 대한 값을 산출하였지만 향후 더욱 다양한 지표 개발 및 분석을 통해 각 지역별 도로 및 교통 정책과 평가에 활용 될 것으로 기대함

## 제7장 차량주행거리 산정을 위한 가이드

---

제1절 자료수집의 한계 및 개선방안

제2절 인구 100만 이상 도시의 차량주행  
거리 산정 가이드라인





## 제7장 차량주행거리 산정을 위한 가이드

### 제1절 자료수집의 한계 및 개선방안

#### 1.교통DB 수집의 한계 및 개선방안

##### 가. 교통DB 구축

- 차량주행거리는 단위구간 교통량과 링크길이의 곱을 합산한 값이므로 산정을 위해 교량 자료 및 도로속성정보 중 링크연장 자료가 필요함
- 중앙정부와 각 지자체가 자체적인 ITS시스템으로 차량 흐름을 파악할 수 있는 통행속도 자료 수집은 다소 원활히 이루어져 있음. 그러나 교통량에 대한 자료수집은 인력조사에 의존하고 있으며 도심지와 같은 특정구역에 몰려있는 경우가 많음
- 교통량 자료는 연평균일교통량(Annual Average Daily Traffic Volume)을 DB구축할 때 사용하며, 교통량 수집기간이 어느 특정일의 시간대라면 시간 보정계수, 요일 보정계수, 월 보정계수를 통해 조사교통량의 단위를 보정하는 추가적인 작업이 필요함
- 수집교통량이 존재하지 않는 단위구간에 대한 교통량 추정을 위해 회귀모형 구축시 미지의 교통량에 영향을 줄 수 있는 직·간접적 요인들(사회경제적, 도로의 기능적, 공간적 요인 등) 또한 링크의 교통량 및 도로연장길이 구축 시 같이 포함되어야 함
- 링크속성정보는 주로 교통주제도, ITS표준노드링크 체계에 포함되어 있는 도로속성정보를 이용하여 교통 DB를 구축하며, 부족한 정보는 전자지도 또는 네비게이션 자료를 가지고 보완함
- 기타 사회경제지표나 토지이용 정보는 도시기본계획, 도시교통정비계획, 지자체 통계연보에서 자료를 참고함

##### 나. 자료 수집현황

- 차량주행거리 산정을 위해 필요한 자료의 수집 정도를 보여주는 지표로 현재 링크의 단순 수집율로만 제시하고 있음
- 수집율만 제시했을 때 보이는 한계점은 도시별로 수집된 링크의 공간적인 분포도를 확인할 수

없어 향후 공간통계기법을 사용하는 것이 적절한지에 대한 판단을 내리기 어려움

- 본 연구에서 제안하는 수집정도를 표현하는 지표는 ‘자료의 공간적 수집 균일도’로 대상 도시의 DB가 수집된 링크의 공간적인 분포도 및 균일도를 함께 제시하고자 함

#### 다. 필요 자료 수집 및 갱신 주기

- 현재 도시부 차량주행거리 산정을 위해 정부 및 지자체에서 제공되는 교통량 자료 및 도로 속성정보를 이용하고 있음
- 교통량 자료는 매년 갱신되어 보고서 또는 DB형식으로 저장 및 보관되고 있으나, 도로속성 정보는 갱신하는 주기가 비정기적이고 갱신 시점이 불명확하여 자료 간 시공간적, 형태적인 일원화에 제약이 발생함
- 차량주행거리를 산출하기 위한 기초자료를 수집하는데 발생하는 시간적·경제적 비용을 고려해야하기 때문에 자료의 수집과 차량주행거리 갱신하는 주기를  $n$ 년으로 하여 VKT을 이용한 다른 지표와 자료 구축비용을 모두 감안하고자 함

#### 라. 수집 자료 간 호환·연계성

- 필요한 교통DB 간 용이한 호환성으로 차량주행거리 산정 시스템 구축 시 보다 더 용이한 과정으로 일원화하고자 함
- 현재 일부 도시가 자체적인 교통DB체계를 가지고 있고, 중앙정부에서 제공하고 있는 표준 ITS 시스템과의 호환성이 떨어져 교통정보의 상호교환이 원활하게 이루어지고 있지 않음
- 현재 주요 교통 DB인 도로속성정보, ITS표준노드링크 또는 교통주제도, ITS검지기나 현장 조사를 통하여 얻은 교통량 정보, 즉 3종류의 이질적인 DB를 일원화하는 매칭작업이 추가적으로 필요함

## 2. VKT 추정 방법론

### 가. 교통축 설정

- 차량주행거리 산정 단계에서 도시 내 간선도로인 교통축 설정 시 현재 시행하고 있는 방법은 각 도시별 보조간선도로 이상의 도로를 대상으로 하고 있음
- 교통축 설정에서 보이고 있는 한계점은 지자체 도시계획상으로 구분한 도로기능별 세분화에

서 명확한 기준 없어 「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설-개정」에 명시된 도로특성이 부합하지 않는 단편적인 구분이 이루어지고 있음

- 또한 도로기능 및 특성에 대한 이동성 및 접근성에 대한 기준이 애매하여, 차량 및 보행자에 대한 이동성 및 안전성이 저하되고 있음
- 향후 VKT 산정할 때 교통축 설정과정에서 도로기능을 단순히 고속도로와 간선도로로 구분하고 VKT 정확도를 함께 제시하여 현재 시행하고 있는 방안과 비교·분석하고자 함
- 도시 내 도로기능에 따른 비율이 중앙정부에서 권고하는 비율과는 상이한 분포를 보이고 있어 이를 해결하기 위한 사회기반시설을 확충해야 함
- 더 나아가 도시계획상의 도로 분류 기준을 정량화하는 방안을 수립하여 해당 도로가 도로기능에 맞는 역할을 수행해야 함

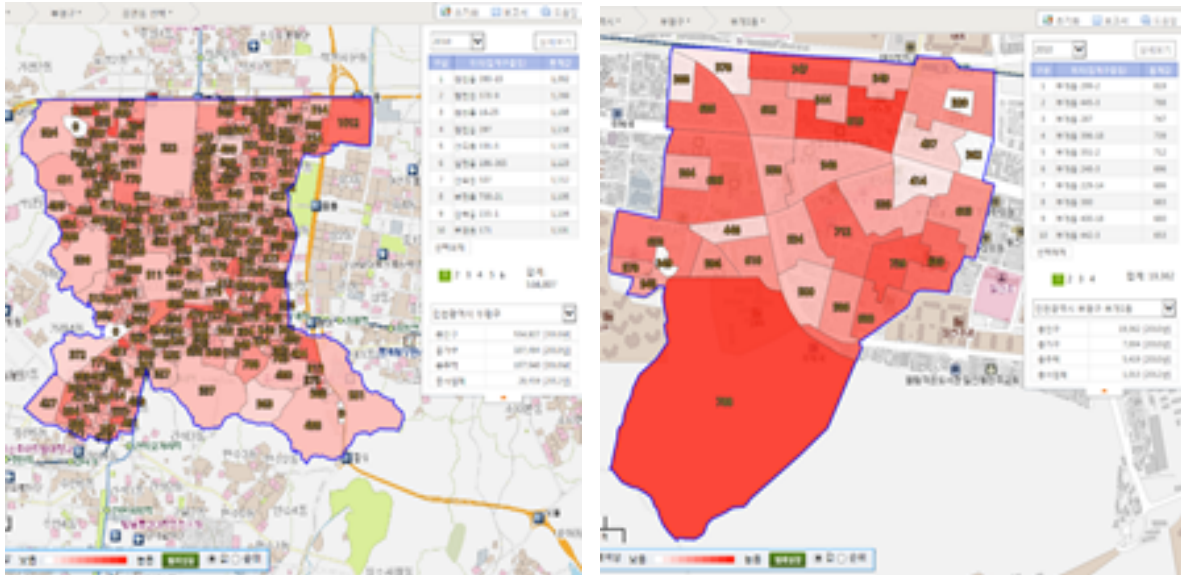
#### 나. 단위구간 설정

- 현재 단위구간 설정할 때 2013년 부천시 차량주행거리 산정 시 이용하였던 신호교차로 기준으로 단위구간을 설정하고 있음
- 신호교차로 기준으로 교통축을 쪼개기 전에 시행하는 상관관계 분석은 도시별 최적회귀모형을 찾는 방법인 단계적 회귀분석(Stepwise Regression)으로 대체하였기 때문에 단위구간 설정 시 별도의 상관관계 분석을 시행하고 있지 않고 있음
- 향후 단위구간 설정 시 도시 내 교통량 자료 구축 및 확보 정도, 적용 용이성 등을 감안하여 단위구간 설정 기준을 설정해야 함

#### 다. 교통량 추정 모형

- 차량주행거리의 목표정확도를 설정해야 함. 미국도로연방국에서 제시하고 있는 HPMS 방법은 차량주행거리를 산정할 때 대상도시 규모 및 도로기능에 따라 목표정확도를 구분하고 있음
- 6대 광역시 VKT 산정과정에서 HPMS, 회귀모형, 크리깅기법을 사용하였고 HPMS보다는 회귀모형이 추정 정확도 측면에서 우수함. 더 나아가 크리깅기법을 통해 회귀모형에서 산출된 잔차를 보정하여 보다 향상된 정확도를 제시하였음
- 교통량 추정시 고려해야 할 사항은 회귀모형 구축 시 종속변수(교통량)를 정확히 반영하는 변수들을 추가적으로 찾아내어 모형의 수정결정계수를 우선적으로 높이고, 공간통계기법을 이용해 추가적인 정확도 향상을 이루어내고자 함

- 지리적 특성 중 읍면동보다 더 세밀한 집계구 개념을 회귀모형에 반영하면 위치정보와 교통량 간의 상관관계가 기존 행정구역 구분기준보다 높을 것으로 예상함



자료: 통계지리정보서비스

#### <그림 7-1> 인천광역시 부평구와 부평구 부개1동 집계구 단위 인구통계

- 현재 공간통계기법 또는 ‘중심지로부터 거리’ 활용시 링크 중심노드 간의 유클리디안 거리를 활용하여 분석하고 있음. 하지만 교통네트워크 특성상 SPP(Shortest Path Problem)의 측면에서 링크간 거리 matrix를 구축 후 공간적인 분석을 할 것을 제안함
- 이 방법은 실제 통행거리에 기반으로 하여 추정하는 것이기 때문에 보다 더 정확한 결과값을 산출할 것으로 예상함

#### 라. 차량주행거리 추정 다양화: 방향별 · 시간대별 VKT

- 6대 광역시 차량주행거리는 양방향 차량주행거리로 도시 내 하루 동안 실제 차량이 주행한 정도를 보여주고 있음
- 그러나 방향별 차량주행거리로 나누어 시간대별로 차량주행거리를 산출하는 것은 도시 내부 행사 전후, 또는 첨두시간대 방향별 교통량 차이를 파악하여 보다 다양한 도시부 특정 시간대 교통문제에 적합한 자료(Hourly Vehicle Kilometer Traveled)가 될 수 있음
- 방향별 교통량을 산정하기 전 방향에 대한 정의 및 구분이 필요하며 교통량 유발 시설의 공간적인 분포, 주변도시와의 관계를 추가적으로 고려해야 할 필요가 있음

- 방향에 대한 정의 중 격자형 도로에서 기준점(시점), 순환형 도로에서 방향 설정방법 등 순방향, 역방향에 대한 정의를 먼저 수립할 필요가 있음

### 3. 차량주행거리 활용목적

#### 가. 통계자료로서의 차량주행거리

- 미국은 연방정부를 중심으로 HPMS를 통해 차량주행거리 DB를 구축하고, 이 자료를 바탕으로 주정부가 연방정부로부터 재정지원을 받음

##### 1) 캘리포니아 주

- 주요 간선도로를 대상으로 약 2,900개 지점을 대상으로 AADT 조사하고 있음. 차종 구분은 FHWA의 지침에 맞추어 13종으로 구분하고 있음
- 고속도로의 경우 WIM(Weight in Motion)에서 수집, 그 외 도로구간은 5~10년을 주기로 차종구분 조사를 수행하고 있음
- 수집된 자료는 클라우딩 컴퓨팅을 통해 관리되고 있으며, 주정부와 연방정부와의 피드백 과정을 통해 품질 관리하고 있음

##### 2) 플로리다 주

- 총 17,000지점에서 상시 및 수시조사로 인해 수집하고 교통량자료 수집하고 있음. 차종 구분은 FHWA의 지침에서 트럭 1종을 추가한 14종으로 구분하고 있음
- 주요 간선도로의 경우 매년, 나머지 도로는 3년마다 AADT를 수집하며, 수집이 이루어지지 않은 년도는 년보정계수를 곱하여 보정함
- 수집된 자료는 클라우딩 컴퓨팅을 통해 관리되고 있으며, ITS검지기를 통해 수집된 교통량 자료는 검증용으로 HPMS 자료를 보완함

#### 나. 교통측면의 사회적 비용 산정

##### 1) 환경비용

- 차량주행거리 통계자료를 이용하여 온실가스 배출량 산정 가능함

- 미국 환경보호청(EPA)에서는 차량주행거리를 이용하여 온실가스 배출량을 산정하고 있음
- FHWA에서는 LA, 워싱턴 등 대도시 첨두시간대에 유료도로 요금 산정할 때 VMT를 이용함

## 2) 사회적 비용

- 도시별 교통혼잡으로 인한 사회적 비용을 차량주행거리를 통해서 제시 가능함
- 예비타당성 지침 기준 차량주행거리는 통행거리와 통행속도의 함수로 이루어져 있음

## 다. 차량관련 세금징수

- 미국에서 도로유지 운영비를 충당하기 위한 유류세 인상이 큰 사회적인 반발로 인하여 주행 거리에 기반한 세금인 주행거리세(Mileage Tax)에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있음
- 오리건(Oregon) 주에서 연료세를 주행거리세로 전환하는 방법이 기술적으로 가능하다는 것을 파악함. 또한 인센티브를 통해 주행거리세로의 완전한 전환을 유도하고 더 나아가 혼잡지역의 주행거리에 가중거리를 부여해 혼잡통행료의 세금까지 걷는 것이 가능하다는 결론을 얻음

## 제2절 인구 100만 이상 도시의 차량주행거리 산정 가이드라인

- 대상도시인 6대 광역시에 대하여 차량주행거리를 산정하고 차량주행거리 산정 모형의 일반화를 위해 도시규모가 보다 작은 규모의 인구 100만급 도시의 최적 차량주행거리 산정을 위한 가이드라인을 제시함
- 효율적인 차량주행거리 산정을 위한 가이드라인의 개요는 다음과 같음
  - 대상: 인구 100만 급 도시
  - 산정방법: 회귀분석과 공간통계기법인 크리깅기법을 결합한 회귀크리깅 적용

### 1. 시스템 일반화 방안

- 2013년 부천시 차량주행거리 산정결과와 2014년 6대 광역시 차량주행거리 산정결과를 토대로 향후 30만 이상 도시의 차량주행거리 산정에 대한 방법론을 제시하고자 함
- 기본 교통DB 자료 구축 후 교통축 및 단위구간 설정 과정에서 도로의 도시계획상 기능이 보조간선도로 이상인 고속도로 및 간선도로를 대상으로 교통축 설정함
  - 부천시 및 일부 도시의 도시교통정비계획에는 도로기능이 세분화되었으나, 세분화가 안 되어 있는 나머지 도시에 대한 자체적인 분류기준 설정시 여러 쟁점사항이 대두됨
  - 향후 중소도시의 교통축 설정할 때, 도로기능을 분류기준이 애매모호한 주간선도로와 보조간선도로를 통합한 간선도로 및 고속도로로 이원화 한 후, 다른 도로속성정보를 통해 분류화 작업을 할 것을 제안함
- 단위구간 설정 과정은 교차로 기준으로 도로구간을 구분하는 단계임
  - 대상도시의 도로구간을 교통류특성(교통량, 속도)과 도로기하구조 특성(도로유형, 교차로 간격, 차로수) 및 교차로 기준으로 구분이 가능해야 함
  - 교통량자료 구축 및 확보여부, 적용 용이성 등을 감안하여 단위구간을 선정해야 함
  - 2013년 실시한 부천시 차량주행거리 산정할 때 민감도 분석결과, 교차로 기준으로 단위구간을 구분하여 차량주행거리를 산정하는 것이 비용대비 차량주행거리 정확도가 높은 것으로 나타남
  - 2014년 6대 광역시 차량주행거리 산정 시 2013년 부천시 VKT 산정결과를 참고하여 신호 교차로 기준으로 단위구간을 구분하였음. 향후 단위구간에서의 일반화 모형은 교차로를 기

준으로 단위구간을 설정함

- 현재 6대 광역시 VKT 산정과정 중 부재 교통량을 추정하는 단계에서 회귀모형, 크리깅기법을 사용하였음. 회귀모형이 정확도 측면에서 타방법에 비해 우수함을 보였고 크리깅기법을 통해 회귀모형에서 산출된 잔차를 줄여 향상된 정확도를 제시하였음
- 향후 타 지역의 자체적인 회귀모형 구축 시 종속변수(교통량)에 정확히 영향 주는 변수들을 추가적으로 찾아내어 모형의 수정결정계수를 우선적으로 높이고, 공간통계기법을 이용해 추가적인 정확도 향상을 이루어내고자 함

## 2. 시스템의 적정 정확성

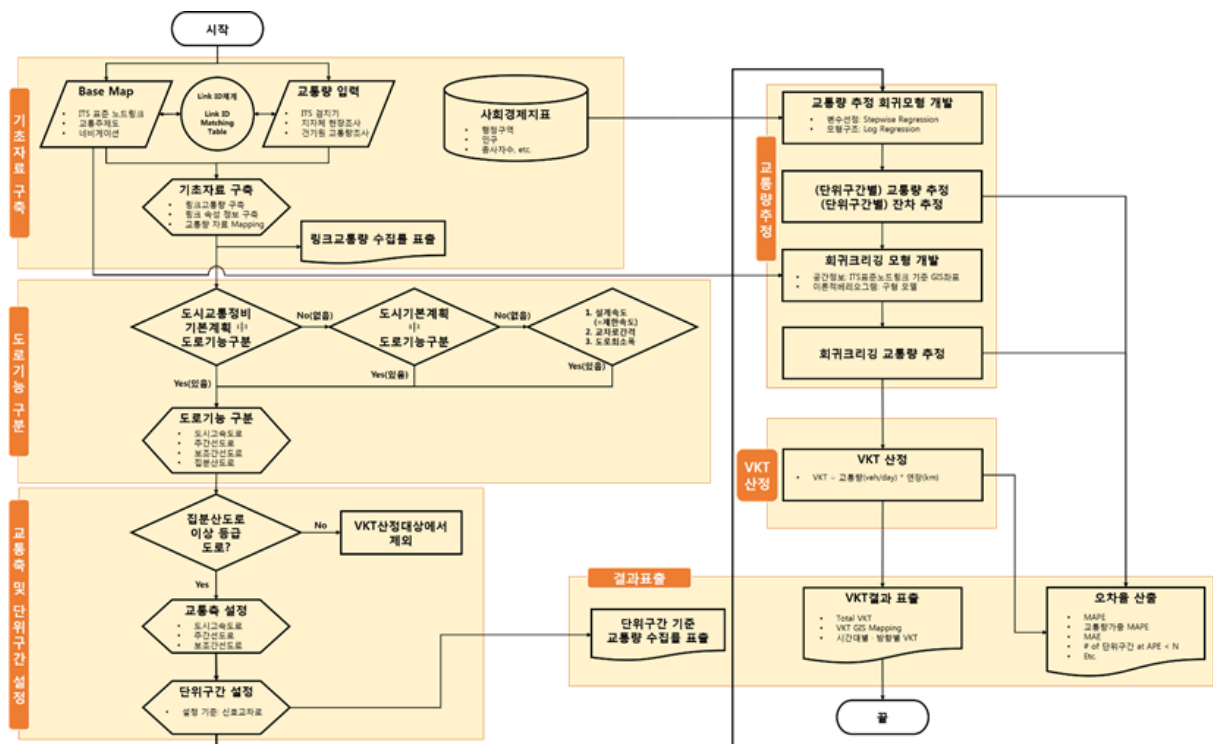
- 부천시와 6대 광역시 모두 수집율이 교통량 정보를 가지고 있는 전체 단위구간의 20~30%의 수집율에서 오차율(MAPE)이 급격히 올라감
  - 무작위로 추출되는 수집율 20~30% 이하 민감도 분석에서, 실제로 뽑히는 표본 수가 극히 적어 이상값(Outlier)에 크게 영향 받음
  - 20%이상의 표본추출율의 추정교통량 오차율(MAPE)은 일정하게 유지됨에 따라 전체단위 구간 수의 20%를 최소 교통DB수집 수로 지정하고자 함
- 관측구간 교통량 수집 단계에서는 방향별 교통량 수집이 가능한 구간을 대상으로 교통량을 수집하는 단계임. 향후 차량검지기를 통한 교통량 수집 시 검지기의 교통량 계측 오차보정이 필요함
- 차량주행거리 산정방법론 설정 단계에서는 대상도시의 교통량 자료 확보율과 층별 AADT 변동계수 산정가능여부에 따라 차량주행거리 산정방법론을 제시함
  - 교통량 자료 확보율이 30%이상일 때에는 가용 교통량자료를 이용하여 HPMS 방법론을 적용함
  - 교통량 자료 확보율이 30%미만일 때에는 회귀크리깅을 적용하여 차량주행거리를 산정해야 함

## 3. 시스템의 효율성

- 현재 도시부 차량주행거리 산정을 위해 매년 교통량 자료 및 도로속성정보를 이용하여 VKT 자료를 구축하고자 함



- 자료를 수집하는데 시간적·경제적 비용또한 고려해야 하는데, 갱신주기가 짧을수록 더 많은 시간경제적인 요소가 소비되지만, 해마다 자료 비교 및 정확성에 대해서는 향상되는 결과를 얻음
- 도시 교통정책의 정확한 설정을 위해 해마다 지자체에서 교통DB를 갱신하고 있음. VKT 산정시 비용효율성은 자료를 통합화하는 과정과 부족한 표본 수로 인한 추가조사 유무로 결정 됨
- 필요한 교통DB 간 호환성이 차량주행거리 산정 시스템 구축 시 보다 더 간소한 자료 통합 과정을 구축하여야 함



<그림 7-2> 100만급 이상도시 대상 차량주행거리 산정 가이드



## 제8장 결론 및 정책제언

---

제1절 연구결과

제2절 정책제언



## 제8장 결론 및 정책제언

### 제1절 연구결과

- 본 연구는 차량이 대상 도시에 실제로 주행한 거리인 ‘차량주행거리(VKT, Vehicle Kilometers Traveled)’를 산정하기 위해 교통량 부재 구간의 교통량을 추정하였음
  - 지역간 도로에 대한 차량주행거리와 6대 광역시를 대상으로 차량주행거리를 산출함
- 지역간 도로는 고속국도, 일반국도, 국지도, 지방도에 대하여 차량주행거리를 산출함
  - 교통 DB는 한국건설기술연구원의 교통량 자료를 이용하였고, 네트워크 DB는 혼잡지도 분석맵을 활용하여, 소구간 설정 작업을 수행하였음. 또한 각 소구간과 교통량을 매칭하였으며, 교통량 부재구간에 대해서는 HPMS 방법론을 적용하여 모든 소구간에 대하여 차량주행거리를 산출함
  - 최종적으로 총 차량주행거리, 도로유형별 차량주행거리, 지역별 차량주행거리, 차종별 차량주행거리, 지역별 도로유형별 차량주행거리, 지역별 차종별 차량주행거리, 도로유형별 차종별 차량주행거리를 산출하였으며, 한국도로공사와 한국건설기술연구원에서 제시하는 주행거리와의 비교를 수행함
  - 본 연구의 차량주행거리 결과를 바탕으로 다양한 지표를 개발함. 재차인원을 활용한 여객차량주행거리, 인구 당 차량주행거리, 연료소모량 대비 차량주행거리, 차량등록대수 대비 차량주행거리, 차로수를 고려한 도로연장(lane·km) 대비 차량주행거리, 토지용도면적 대비 차량주행거리를 산출함. 이를 통해 지역별 비교를 수행함
- 주변 교통량 자료를 활용하여 미지의 단위구간 교통량을 추정할 경우에 발생할 수 있는 오차발생 원인을 규명하고, 각 원인이 차량주행거리 추정 정확도에 미치는 영향정도를 정량화하여 효율적인 차량주행거리 추정방안을 제시하였음
- 대상도시인 6대 광역시를 대상으로 차량주행거리 산정 시 오차발생 원인을 여러 가지 시나리오를 구성하여 민감도분석을 수행하였음. 분석결과를 요약하면 다음과 같음
  - 도시별 차이는 있지만 교통량 추정시 HPMS방법보다 회귀모형 적용 결과가 정확성 측면에서 우수한 결과를 보임
  - 공간통계기법을 이용한 회귀크리깅의 오차율이 다른 추정방법보다 차량주행거리 산정정확도

가 우수함

- 민감도 분석에서 전체적으로 표본 크기가 클수록 교통량 오차율은 약 30% 이상 일정하게 유지되고, 총 차량주행거리 산정오차율은 감소하였음
- 단위구간 설정방법은 2013년 부천시 차량주행거리 산정시 이용한 신호교차로 기준으로 구분하여 차량주행거리 추정 오차율을 분석하였음
- 분석결과와 보완에서는 단위구간 별 추정교통량 및 차량주행거리의 정확도를 향상시키기 위해 회귀크리깅을 이용한 교통량 추정시 극단값에 대한 다양한 처리방법 적용 및 ‘도시 중심부에서의 거리’ 라는 변수를 이용하여 추가 분석함
- 도시 중심부에서의 거리별 수집교통량을 분석해 거리의 따른 교통량 변화정도가 다른 지점을 선택해 도시를 이원화하고, 구역(내부, 외부)별 회귀모형을 분석함. 몇몇 도시의 형태가 비방사형, 위성도시와의 연계로 인한 외곽부의 대도시화, 이원화하기에는 너무 적은 표본수로 인해 해당 변수를 추가한 오차율 분석에서 제외함
- 향후 다른 도시의 차량주행거리 산정 연구를 위해 도시 규모별 차량주행거리 산정 시의 가이드라인을 제시함
- 효율적인 차량주행거리 산정 가이드라인은 차량주행거리 산정 시스템 구축방안과 고려사항으로 나누어 제시하고자 함
- 차량주행거리 산정 시스템 구축방안은 차량주행거리 산정 시스템의 일반화 측면에서 보이는 검토방안, VKT 갱신주기 및 비용효율성을 제시함
- 차량주행거리 산정 시스템 구축시 고려할 부분은 차량주행거리 산정을 위한 직간접적인 자료 형태, 서로 다른 형태의 자료를 연계 및 호환하는 방법, 그리고 차량주행거리가 다른 성능평가의 지표로써 사용되는 분야를 제시함

## 제2절 정책제언

- 향후 지역별 자동차주행거리를 추정을 위해서는 다음과 같은 연구가 추가적으로 수행될 필요가 있음
  - 첫째, 향후 전국 타 도시의 차량주행거리 추정을 위한 기초자료 구축이 필요함. 각 도시의 단위구간 수, 교통량 분포 및 구간별 교통량 등에 대한 자료 수집의 어려움으로 현재 연구한 부천시 및 6대 광역시의 결과를 적용하는 데 한계가 있음. 도시규모별로 정확한 차량주행거리를 추정하기 위해서는 도시별 교통량 분포형태 및 차량주행거리 산정 대상 도로속성, 변동계수, 도로등급 또는 기능별 구성비, 기타 사회경제적 속성 반영 가능 여부 등과 같은 사항에 대한 추가적인 고려가 필요함
  - 둘째, 도시별 수집지점에 대한 공간적 분포도를 나타내는 지표를 개발해야 함. 현재 전체 링크에 대한 교통DB수집링크의 비율을 나타내는 DB수집율과 같은 지표를 통해 지역별 수집 현황을 나타내고 있으나, 수집구역에 대한 밀집도는 파악하기 어려워 수집분포도와 공간통계기법이 기여하는 오차율 감소도의 연관성을 규명하기 어려움
  - 셋째, 현재 지자체 및 정부에서 조사한 자료가 불충분할 경우 추가 조사지점에 대한 연구가 필요함. 부천시 및 6대 광역시 차량주행거리 산정할 때 민감도 분석을 통해 단위구간 평균오차율을 알아내기 위해 필요한 표본 수를 파악하였으나 그 수를 고르게 분포하는 방법론이 개발되어 있지 않고 경험적 방법에 의해 지점 선택하고 있음. 향후 지자체에서 효율적인 ITS검지기 또는 인력조사 지점 배치를 위해 이 부분에 대한 연구가 필요함
  - 넷째, 회귀모형을 통한 추정교통량과 관측교통량을 이용하여 산출하는 회귀모형의 정확도를 향상시키기 위해 회귀모형에 적용될 수 있는 변수들을 더 검색해보아야 함. 현재 교통량에 영향을 미치는 요소는 도로속성정보 및 일부 사회경제지표이나 이 정보를 포함하여 도시 내 교통량에 영향을 줄 수 있는 요인들을 새롭게 찾아내야 함
- 본 연구는 교통량 DB와 네트워크 DB의 설정이 중요한 역할을 하는데, 어떤 교통량을 사용하고, 도로 연장을 사용하느냐에 따라 차량주행거리 값이 결정되므로, 해당 DB에 대한 관리가 필요함. 따라서, 각 지자체 및 교통량 관리기관에서는 다양한 교통량 자료를 수집하고, 관리할 필요가 있으며, 네트워크 DB의 경우 여러종류의 네트워크 DB가 존재하는데, 소구간 설정 및 교통량 매칭에 합리적인 DB가 필요할 것으로 판단됨





## 참 고 문 헌

### ◦ 국내문헌

1. 국토해양부, 도로의 구조·시설에 관한 규칙-해설- 일부개정, 2012
2. 교통안전공단, 2011년도 자동차 주행거리 실태분석 연구, 2012
3. 김호용, 공간통계기법을 이용한 도시 교통량 예측의 정확성 향상, 한국지리정보학회, 제13권 제4호 pp.138~147, 2010
4. 임성한, 일반국도 교통조사를 위한 동질성 구간 분류기법 연구, 서울도시연구, 제6권 제3호, 2005
5. 허태영 외 3인, 최단경로 기반 교통량 공간 예측에 관한 연구, 응용통계연구, 제20권, 3호, pp.459~473, 2007
6. 김병선 외 2인, Regression-Kriging 모형을 이용한 인구분포 추정에 관한 연구, 대한지리학회지, 제45권, 제6호, pp.806~819, 2010
7. 인천광역시, 도시교통기본정비계획, 2012
8. 인천광역시, 2013 도시교통 기초조사, 2014
9. 대전광역시, 대전광역시 2013년도 교통조사 및 분석 보고서, 2013
10. 대전광역시, 도시기본계획 2020, 2007
11. 광주광역시, 도시교통기본정비계획, 2012
12. 광주광역시, 2013 교통관련 기초조사 결과보고서, 2014
13. 부산광역시, 도시교통기본정비계획, 2012
14. 부산광역시, 2013년도 부산광역시 교통조사(1) 차량 교통량 조사결과 최종보고서, 2014
15. 부산광역시, 2013년도 부산광역시 교통조사(3) 차량통행속도 조사결과(최종보고서), 2014
16. 울산광역시, 울산광역시 도시교통기본정비계획, 2012
17. 울산광역시, 2013년 정기 교통량 및 속도조사 결과, 2013
18. 대구광역시, 도시기본교통정비 중기계획, 2012
19. 대구광역시, 대구광역시 2012년도 교통관련 기초조사, 2013

◦ 국외문헌

1. Eom, J. K., Park, M. S., Heo, T. Y., & Huntsinger, L. F., Improving the prediction of annual average daily traffic for nonfreeway facilities by applying a spatial statistical method. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol. 1968, No. 1, pp.20-29, 2006
2. Federal Highway Administration(FHWA), Highway Performance Monitoring System Field Manual, 2013
3. Gadda, S., Kockelman, K. and Maggon, A., Estimates of AADT: Quantifying the Uncertainty, Presented at the World Conference on Transportation Research, 2007
4. Kumapley, R. K., and Fricker, J. D., Review of Methods for Estimating Vehicle Miles Traveled, Transportation Research Record, Volume 1551, 1996
5. Selby, B. and Kockelman, K., Spatial Prediction Of AADT In Unmeasured Locations By Universal Kriging, Transportation Research Board 90th Annual Meeting, No. 11-1665, 2011
6. UK Highway Agency, Traffic Appraisal in Urban Areas in Design Manual for Roads and Bridges, Vol.12, Section2, 1996
7. Wang, X., and Kockelman, K. M.. Forecasting Network Data. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol. 2105, No. 1, pp.100-108, 2009
8. William, E. Frawley, Random Count Site Selection Process for Statistically Valid Estimations of Local Street Vehicle Miles Traveled, Transportation Research Record, 2007