

# 요 약

## SUMMARY

### 1. 연구의 배경 및 목적

- 본 연구는 2015년 수행한 「지역 간 교통수요 예측의 신뢰성 제고를 위한 빅데이터 활용방안 연구」의 후속 연구로 수행되었음
  - 2015년 연구에서는 빅데이터를 활용하여 현 교통수요 추정 및 예측을 개선할 수 있다는 가능성을 보였지만, 연구 기간의 제약으로 교통수요 추정의 특정 단계에 대한 구체적인 개선방안을 보이기는 어려웠음
  - 본 연구에서는 현재의 교통수요 추정 방법론을 빅데이터를 활용하여 개선할 수 있는 구체적인 방안과 함께 분석사례를 제시하고자 함
- 교통수요 추정 4단계 모형(이하 4단계 모형)의 방법론에 대해 다양한 문제점이 지적되고 있으나, 활동기반모형 등 교통수요 추정을 위해 완전히 새로운 방법론을 도입하여 실용화하기에는 상당한 시간과 노력이 필요하기 때문에 현 방법론을 최대한 보완할 필요가 있음
  - 한정된 교통SOC를 효율적으로 사용하고, 적재적소에 투자가 이루어지도록 하기 위해서는 현재 교통수요 추정 방법이 제공하는 분석보다 시간적, 공간적으로 세밀한 분석에 대한 수요가 증가하고 있음
  - 장기적인 모형개발 외에 현재의 교통수요 추정을 개선할 수 있는 단기적이고 국내 실정에 적합한 개선목표를 설정할 필요가 있으며, 이에 빅데이터를 활용한 개선방안을 제시하는 것이 본 연구의 목적임
  - 연구의 내용으로는 빅데이터를 활용한 현 방법론의 개선가능 방향과 함께 구체적인 실증사례를 제시하는 것을 목표로 함

## 2. 교통수요 추정 방법의 개선 필요성

### □ 4단계 모형에 기반한 국가 교통수요예측의 현황

- 전국 지역 간 및 대도시권 교통수요의 추정은 한국교통연구원에서 운영 중인 국가교통DB 사업을 통해 이루어짐
- 장래 교통수요 O/D의 예측은 기본적으로 가구통행실태조사가 시행된 다음해에 이 데이터를 기준으로 하여 수행되며, 가장 최근의 전수화 및 장래 교통수요 예측은 2011년 사업을 통해 이루어졌음
- 이후 다양한 데이터를 활용하여 매년 O/D의 현행화가 이루어지고 있음

### □ 투자평가지침의 교통수요 추정 방법

- 현 지침에 의하면 도로 관련 투자에 대한 평가를 위한 교통수요 분석 시에는 국가교통 DB(이하 KTDB, [www.ktdb.go.kr](http://www.ktdb.go.kr))에서 제공된 장래 수단별 O/D (기종점통행량)을 활용하여 분석이 이루어져야 함
- 단, 장래 개발계획 및 존 세분화 등 추가적인 O/D 보완작업이 필요한 경우 4단계 수요분석 방법에 따라 예측하여야 하며, 대규모 기간교통망사업(고속도로, 고속철도)의 경우 모형에 의한 수단분담을 시행할 수 있음
- 투자평가지침에서는 일반적으로 KTDB의 자료를 활용하도록 정해져 있지만, 투자평가 대상 사업의 성격에 따라 평가 대상 사업효과에 영향을 미치는 장래 개발계획을 반영하는 등 추가적인 분석의 여지도 허용하고 있음

### □ 4단계 모형을 이용한 교통수요 추정 방법의 개선 필요 사항

- 4단계 모형의 발생 및 도착 통행량 추정 문제점: 현 교통모형의 발생 및 도착 통행량 추정 과정에서는 영향이 있을 것으로 예상되는 다양한 변수를 고려하지만, 최종 모형은 하나의 유의미한 설명변수만 포함하여 통행발생량의 추정이 단일 변수에만 의존하여 결정됨
- 통행분포 단계에서 장래에 변화하는 존간 통행패턴에 대한 고려 미흡: 혁신도시 등 대규모 신도시 개발의 결과로 인근 대도시와의 직-주 통행 증가 등 기존에 나타나지 않은 새로운 통행패턴이 발생할 가능성이 매우 높으나, 현재의

O/D 구축 과정에서는 이를 고려하지 않고 있음

- 현행 O/D의 참값 미확인: 샘플조사에서 포착된 통행을 전수로 확대하는 O/D 전수화 과정에서 실제 O/D와 다른 왜곡이 발생할 수 있으나, 이를 확인할 수 있는 기준 및 자료가 없음
- 관련 개발계획 100% 실현 전제 및 계획수정 불가: 신도시 개발 시 최종 목표인 구 도달까지의 유입인구 패턴은 지역별로 상이하지만, 현재는 실제 패턴을 반영하는 데 한계가 있음

### 3. 빅데이터를 활용한 교통수요 추정 개선 가능성

- 상시수집 빅데이터를 활용하여 현재 데이터의 시간적 불연속성 보완
  - 현재 교통수요 추정을 위해 활용되고 있는 가구동행실태조사는 5년 간격으로 이루어지고 있지만, 빅데이터는 상시 수집되는 데이터이기 때문에 현재 수집되는 데이터에 존재하는 시간적 공백을 보정하기 위한 수단으로 활용 가능함
- 공간적 해상도가 높은 빅데이터를 활용하여 존 내 통행특성 분석
  - 현재의 데이터 수집 체계에서는 각 존의 통행패턴의 차이를 볼 수 있는 데이터를 모으는 것이 거의 불가능하지만 빅데이터의 높은 공간해상도를 활용하여 존 내 통행특성 분석 가능함
- 거주지 추적 가능한 데이터 활용으로 4단계 모형의 통행 간 단절 보완
  - 빅데이터는 프라이버시를 침해하지 않는 선에서 개인 단위의 미시적 자료를 가공하여 활용할 수 있어 거주지 별로 인구의 위치를 추적하는 등의 분석이 가능하므로, 4단계 모형의 전수화 자료의 세부적 검증, 혹은 향후 마이크로시뮬레이션 등과 결합하여 활용 가능할 것으로 예상됨

#### 4. 실증분석 I : TCS<sup>1)</sup>데이터의 시계열 분석을 통한 장래 O/D 추정 검증

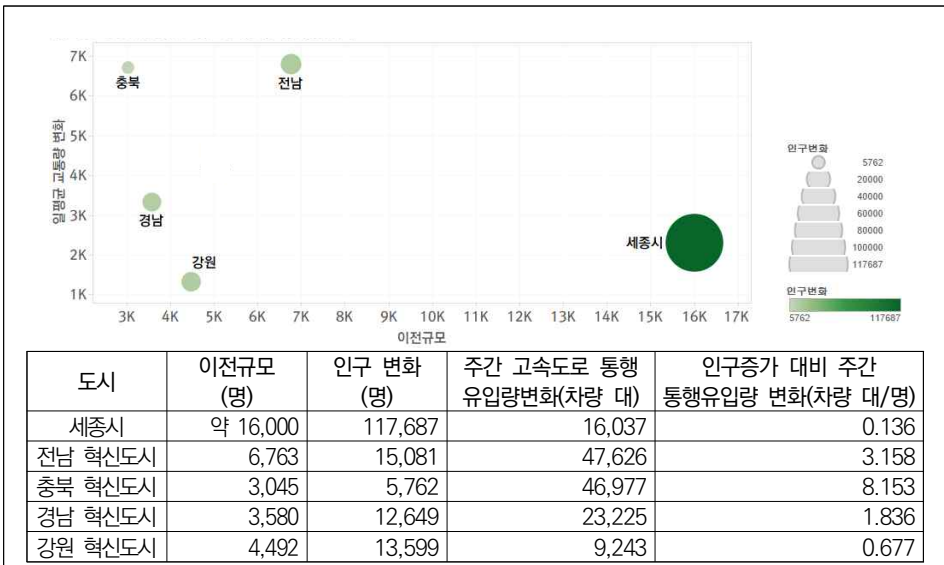
##### □ 분석의 개요 및 방법

- 세종시와 네 개의 혁신도시를 대상으로 2011~2016년 사이에 누적된 TCS 데이터를 활용하여 기관이전과 인구증가에 따른 유입통행의 양적인 변화를 분석함
- 이를 KTDB에서 배포한 연도별 O/D 자료와 비교하여 현재 교통수요 추정 과정과 추정치 활용 단계에서 활용할 수 있는 방안을 제시하였음

##### □ 분석 1: 기관 이전규모와 고속도로를 통한 지역 간 통행 유입량 변화 분석

- 세종시와 강원혁신도시에서 이전규모 대비 지역 간 교통량 유입 증가폭이 가장 적게 나타나고 있으며, 충북혁신도시에서 이전규모 대비 교통량 증가가 가장 크게 나타남
- 현재 4단계 모형은 권역을 나누어 권역 내에서는 동일한 고용-통행량 간의 상관관계를 가지고 있다고 가정하고 있으나, 본 분석의 결과는 광역시도의 권역적 특성보다는 도시 자체의 특성을 반영할 필요가 있음을 시사함

**그림 1** 이전규모, 인구변화, 일평균 교통량 변화 간 상관관계



1) Toll Collection System, 고속도로 통행료 징수 시스템. 도로공사 데이터포털(data.ex.co.kr)을 통해 다운로드

□ 분석 2: TCS 자료를 활용한 인구증가 대비 고속도로를 통한 지역 간 통행 유입량의 시계열적 분석(2011년~2016년)

- KTDB의 세종시에 대한 장래 통행수요 예측은 2012년 기준 대비 2013년 현행화에서는 약 15% 증가한 수치를 보이며, 2014년 현행화에서는 다시 약 25% 대폭 감소하는 수치로 예측됨[그림 2]
- [그림3]에 제시된 인구 및 고속도로 통행량 데이터와의 비교분석을 통해 2013년 기준의 과대추정 가능성 및 다음 해 현행화에서 대폭 축소가 나타난 원인을 진단하고자 함
- 2013년의 인구는 계획 인구증가에 미치지 못하는 것으로 나타나고 있으나, 인구증가 대비 고속도로통행 유입량 증가는 2013년에 최대치를 보여 계획인구 달성 시 교통량을 과대추정하게 된 원인으로 파악됨
- 하지만, 2014년 인구 증가가 다시 계획치에 미치지 못하였고, 인구증가 대비 교통량 증가가 2013년보다 크게 감소하여 장래 교통수요 예측치가 대폭 수정된 것으로 추정 가능함
- 이와 같이 실시간으로 수집되는 빅데이터를 활용하여 추정치의 검증단계를 마련할 수 있음

**그림 2** KTDB 연차별 지역 간 통행(승용차, 버스) 현행화 결과 (2012~2014): 세종시 진입통행량

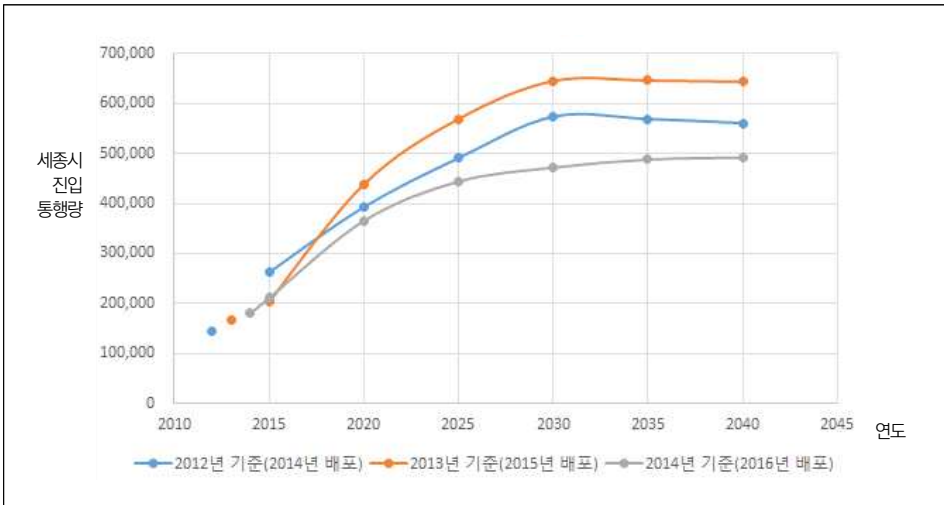
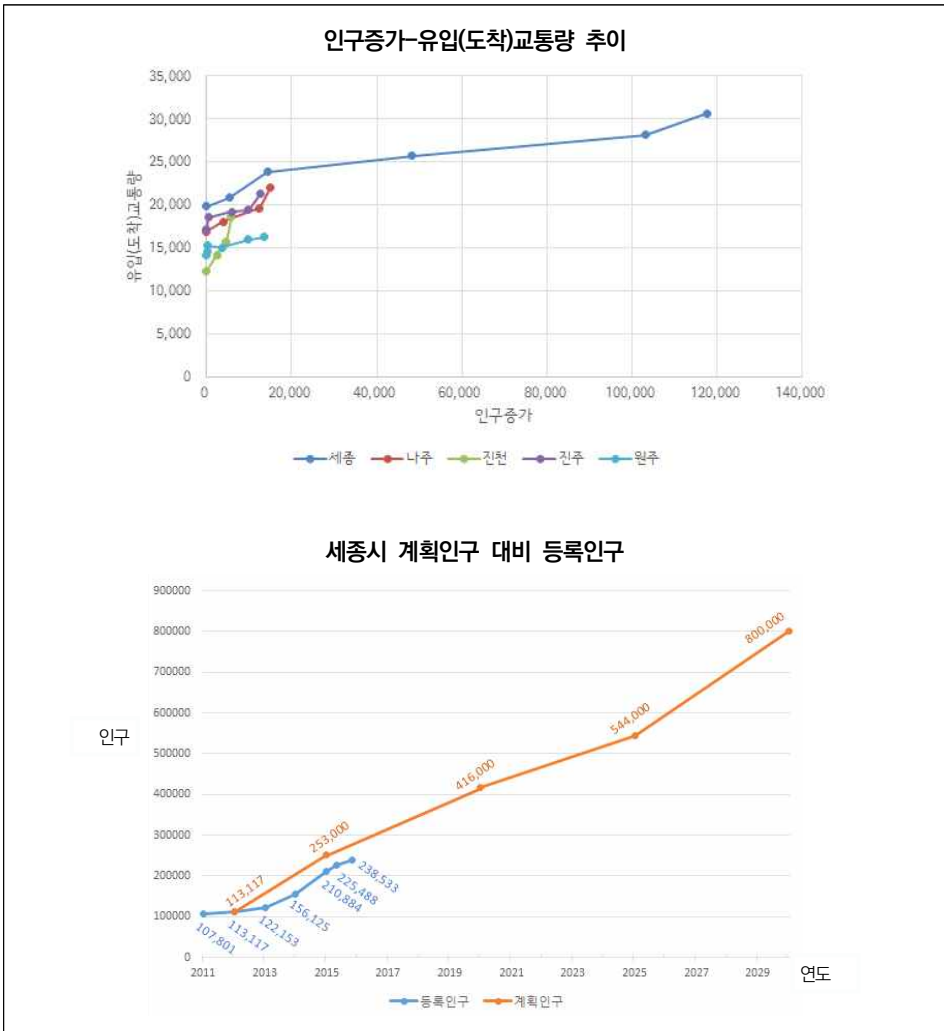


그림 3 인구증가와 고속도로 통행량 변화 추이



## 5. 실증분석II: TCS 데이터를 활용한 주중/주말 지역 간 통행패턴 도출 및 주말계수 검증

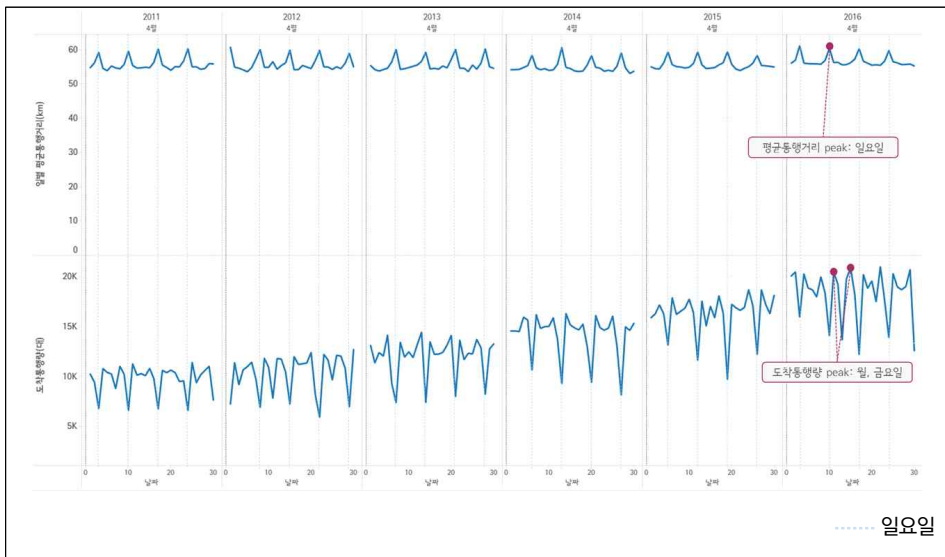
□ 현재 주말의 통행량을 분석하기 위해 사용되는 주말환산계수는 다음과 같이 정의됨

$$\text{주말환산계수} = \frac{\text{주말평균 일교통량}}{\text{주중평균 일교통량}}$$

□ 통행량의 시계열적 패턴[그림 3]과 지역별로 산정된 주말계수가 가장 차이를 보이는 도시는 충북혁신도시임

- [표 1]에 의하면 충북은 주말 승용차 통행량이 주중보다 늘어나는 보정계수를 사용하고 있음(TCS 기반: 1.320, 상시조사 교통량 기반: 고속도로 1.566, 국도 1.211)
- 하지만, 충북 혁신도시에 대한 TCS 자료 분석에 의하면 주중보다 주말에 통행량이 줄어들어 1보다 큰 충북지역의 주말계수값에 반하는 사례라 할 수 있음
- 또한, 2011년에서 2016년 사이에는 시간이 지날수록 주중과 주말의 편차가 커지고 있어 이 계수 또한 변화하고 있음을 확인할 수 있음[그림 4]

**그림 4** 일별 평균통행거리 및 도착통행량: 충북혁신도시(진천, 2011~2016)



**표 1** | **현행 수집자료별 주말환산계수 산정값**

수집자료 <sup>1)</sup>	TCS		상시조사 교통량			
통행 종류	유입통행		구분 ×			
대상 도로	고속도로		고속도로		국도	
대상 차종	승용차	버스	승용차	버스	승용차	버스
수집 단위	대(Vehicle)		대(Vehicle)			
수도권	0.891	0.457	1.175	0.877	1.049	0.869
부산 울산권	부산	1.227	1.516	0.924	1.111	0.847
	울산	1.167				
대구	1.387	0.679	1.479	0.945	1.165	0.854
광주	1.000	1.000	1.506	1.041	1.104	0.911
대전	1.261	0.624	1.516	0.966	1.081	0.896
강원	1.815	0.730	1.781	1.370	1.298	1.105
충북	1.355	0.480	1.566	0.883	1.211	1.031
충남	1.320	0.500	1.623	1.155	1.151	0.867
전북	1.868	0.794	1.799	1.215	1.085	0.885
전남	1.835	0.935	1.814	1.226	1.159	0.981
경북	1.670	0.569	1.634	1.020	1.276	1.080
경남	1.669	0.806	1.815	1.202	1.202	0.915
세종	-	-	-	-	-	-
기타	-	-	-	-	-	-
합계	1.007	0.485	1.381	0.985	1.129	0.915

1) 2014 기준 국가교통DB 주말환산계수. <https://www.ktdb.go.kr/www/contents.do?key=202> 를 통해 신청하여 이메일로 구득, (최종 접속: 2016.12.15.)

2차 출처: 윤서연 외, 2015. 지역 간 교통수요예측의 신뢰성 제고를 위한 빅데이터 활용방안 연구, 국토연구원. p.88

## 6. 실증분석III: 이동통신 유동인구 데이터를 활용한 지역 간 통행의 존 내부 통행패턴 분석

### □ 분석의 필요성

- 지역 간 통행이 존 내부에서 분배되는 패턴을 분석하기 위해 기존에 활용되고 있는 방법론에서는 원단위 및 평준화된 계수 등을 활용하게 되므로 평균과 다른 패턴을 보이는 부분에 대한 분석이 어려움
- 존 내부 분배를 위해서는 사회경제 지표에 기반하여 통행량을 추정하므로, 실측값과 비교할 수 있는 방법이 없음
- 특히 세종시와 같은 신규 도시에서는 도시의 성장속도에 비해 기존의 데이터



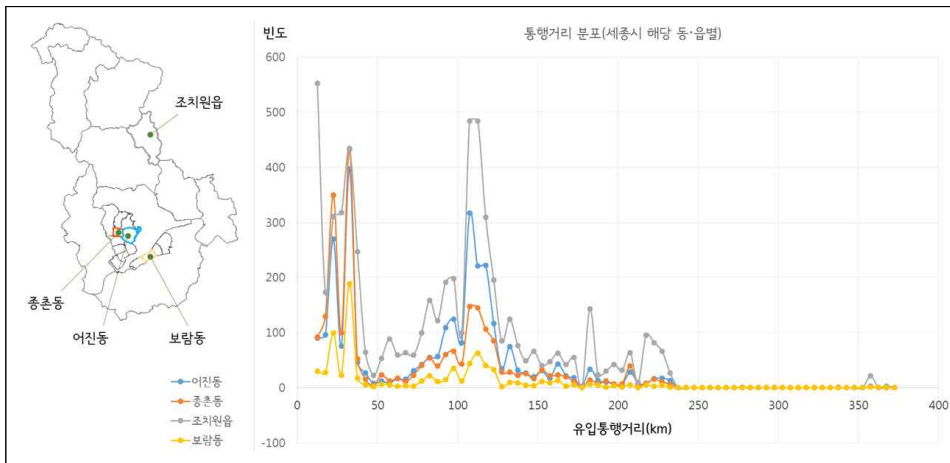
수집방법의 속도가 더더 도시의 현황에 대한 최신 데이터를 얻기 어려움

#### □ 분석 방법

- 현재 시점을 기준으로 특징적인 성격을 가진 네 동을 선정하였음
- 이 지역에 대한 현재 기준의 정량적인 사회경제 지표는 인구 자료외에는 구득이 불가하며, 정성적으로 설명할 수 있는 각 동의 특징은 다음과 같음
- 종촌동: 아파트가 주가 되는 거주지
- 어진동: 중앙정부 청사 밀집지
- 보람동: 세종시청 및 관련 지방 기관 밀집지
- 조치원읍: 구시가지, 대학교 캠퍼스와 조치원역 등이 위치

□ 각 동으로 유입되는 통행거리의 분포는 [그림 4]와 같이 도출되었음

**그림 5** 동·읍별 유입통행거리 분포



## 7. 교통수요 추정 방법 개선을 위한 빅데이터 활용방안

#### □ 빅데이터 활용의 기본 방향

- 교통수요 추정 단계별 결과 적정성 확인: 4단계 교통수요 추정의 단계별 분석 결과가 적절한 것인지를 간접적으로 가늠할 수 있는 비교지표로서의 역할 수행

- 지역 고유의 교통특성 확인 및 반영: 평균적 특성에 근거한 분석을 해당 사업에 적용하는 것이 적합한지, 혹은 지역적 특수성을 고려해야 하는지에 대하여 판단하기 위한 근거로 활용
- 교통수요 추정 모형의 정교화: 각 단계별 모형의 부적합 사례를 충분히 수집하고, 수집된 사례들을 분석하여 지역이나 주변 관련계획, 사업의 특성, 교통수요 패턴 등을 복합적으로 검토한 후 단계별 모형을 구축하기 위한 목적으로 빅데이터 활용

#### □ 분석단계별 빅데이터 활용 방안

- 통행발생 단계: 통행발생 단계에서 고려되는 개발계획이 실질적으로 이루어지고 있는지 확인하고, 사업대상지 주변 교통량 패턴 변화를 관찰할 수 있는 자료로 활용
- 통행분포 단계: 이동통신 유동인구 데이터를 분석하여 중간 통행 연계성을 확인하고, 개발 대상지 주변 교통축 침투시 통행패턴을 확인할 수 있는 자료로 활용
- 통행배정 단계: 현황 교통량의 계절 변동, 주말 변동을 확인하고, 존 세분화를 위한 검토자료로 활용

## 8. 결론 및 시사점

#### □ 연구의 한계

- 연구의 범위를 제한하는 데이터: 사기업 빅데이터의 일회성 구매 및 데이터 표준사양의 변동성, 원본 데이터에 대한 접근 제한, 교통분석 체계와 빅데이터 체계의 상이함 등에 의해 가능한 분석 범위가 제한됨
- 분석가능 용량의 한계: 하드웨어, 소프트웨어, 교통 분야 전문가의 빅데이터 분석기술 보유 등에 대한 제약으로 분석 가능한 데이터 용량에 한계가 있었음
- 제시한 개선안의 실제 적용 한계: KTDB 보고서에서 제시된 내용은 DB 사용자에게 방법론을 설명하는 데는 충분하지만 동일한 작업을 재현하거나 제안한 개

선방안을 직접 적용해보기에는 충분하지 않아 향후 실제 적용 노력이 필요함

#### □ 시사점

- 현재는 교통 분야의 빅데이터 연구가 시범 연구로써 추진되는 경우가 많지만, 향후 데이터와 인공지능에 의한 혁신이 이루어지는 4차 산업혁명 시대에는 활용이 당연한 기술이 될 가능성이 큼
- 따라서 연구결과의 실용화를 위해 개별 빅데이터 연구에서 지적된 한계를 극복하기 위한 노력이 필요함
- 향후 스마트시티, 자율주행 등이 실생활에서 활용되는 시대가 도래할 때 새로운 공공데이터의 축적이 가능하고 활용방안을 확대하는 기회가 될 수 있으므로, 변화의 시기에 발맞출 수 있도록 지속적인 지원과 노력이 필요함

## 9. 정책제언

#### □ 데이터 정책 1: 공공 빅데이터의 제공범위, 제공방법 재검토 및 품질 향상

- 정부 3.0의 취지를 실현하고 공공데이터의 활용성을 높이기 위해서는 지속적으로 업데이트되는 데이터베이스의 형태로 제공되는 공공데이터가 많아져야 하며, 시행 3년여가 지난 지금 중간점검의 측면에서 데이터 공개의 범위를 전면 재검토할 필요가 있음
- 공개범위 확대를 위해서는 수요자의 의견을 충분히 반영할 필요가 있으며, 이를 위해서는 데이터 공개에 소요되는 비용 지원 및 공개 자체에 대한 인센티브 제공이 유효할 것임
- 데이터 제공자 또한 현재 생산하고 있는 데이터가 과거와는 달리 해당 기관의 업무를 위해서만 활용되는 것이 아니라 다양한 분야에서 활용되고 있음을 인지하고, 데이터 오류 수정 및 데이터 가공방법과 코드 체계 개선 등 데이터 이용자의 시선에서 데이터 자체를 개선할 수 있는 방안을 지속적으로 모색할 필요가 있음

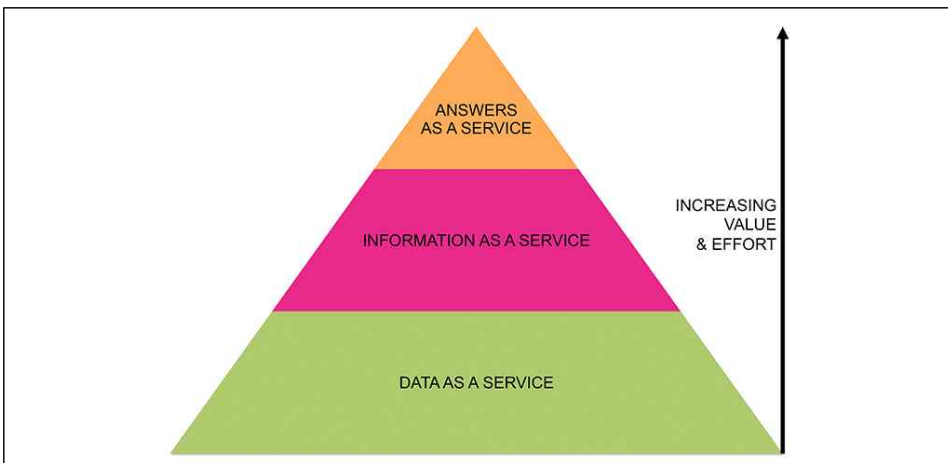
#### □ 데이터 정책 2: 일관성 있는 데이터 시장의 형성

- 현재 빅데이터의 구입과정의 문제점인 일관성 없는 가격 정책은 투자 대비 효과의 소명이 중요한 공공 부문의 빅데이터 활용을 위축시킬 뿐만 아니라 데이터를 제공하는 입장에서조차 지속 가능한 비즈니스모델을 유지하기 어렵게 함
- 데이터 제공자와 사용자 모두 현재까지 2-3년의 테스트 기간을 거친 현 시점에 빅데이터를 제공하는 서비스 모델을 정립할 필요가 있음
- 이 과정에서 데이터 사양 및 가공비용의 표준화와 함께 품질의 투명화, 데이터 가공의 유연화가 필요하며, 동일한 형식의 데이터를 일정한 시간 간격으로 구독(購讀, subscription)할 수 있는 서비스 형태에 대한 고려도 필요함

□ 정보서비스 정책: 교통 분야에 특화된 데이터 서비스 산업의 장려

- 현재 연구단계에서는 데이터를 제공받아 정보로 가공하는 단계(Information as a service)와 정보를 기반으로 한 해답을 제공하는 단계(Answers as a service)를 모두 연구자가 실행하고 있어 최종 결과를 도출할 때까지의 효율성이 저하됨
- 여기서 중간 단계를 데이터 전문가가 담당하여 Information as a service를 제공한다면, 분야 전문가는 Answers as a service 단계에 집중하여 빅데이터에 기반한 양질의 정책대안을 제시할 수 있을 것임

그림 5 빅데이터 비즈니스 모델



출처: Justin Lokitz (2015) Exploring big data business models the winning value propositions behind them, <http://www.businessmodelsinc.com/exploring-big-data-business-models-the-winning-value-propositions-behind-them/> 2015. 8. 21 게재 (최종접속: 2016. 12. 15.)

□ 빅데이터 연구 정책 1: 빅데이터를 활용한 교통수요 추정 개선을 위한 협동 연구 추진

- 본 연구에서 제시하고 있는 방안이 실질적으로 적용될 수 있도록 하기 위해서는 실제로 장래 교통수요 예측을 담당하고 있는 KTDB와 협동 연구가 필요할 것으로 판단됨
- KTDB에서도 자체적으로 교통수요 추정 방법론을 개선하기 위한 연구를 수행하고 있는 것으로 알고 있으나, 여기에서는 반대로 수요자의 시각이 반영되기 어려워 협동 연구가 도움이 될 것임

□ 빅데이터 연구 정책 2: 새로운 데이터 활용모델 개발 추진

- 빅데이터의 활용처를 기존의 교통 분석 방법론의 개선방안을 찾는 연구에 국한하여 연구의 폭을 넓히지 않으면, 분석의 유연성이 저하되어 빅데이터 활용의 입지가 좁아질 수 있음.
- 빅데이터 활용의 성숙도 단계 중 가장 마지막 단계에서는 데이터 분석을 통해 혁신을 유도할 수 있어야 하는데, 이는 기존 방법론의 틀을 벗어나는 시도 없이는 도달할 수 없음
- 단, 빅데이터 분석이 기존 교통분석 방법론을 대체하는 것을 목표로 해서는 안 되고, 기존 방법론에 의한 분석과 병행하여 이루어지되 기존 분석으로는 밝힐 수 없는 구체적인 인과관계 및 시계열적 변화 등에 집중하는 것이 타당함
- 향후에 수행되는 교통 분야의 빅데이터 연구 중 일부는 기존의 방법론에 얽매이지 않고 데이터 자체의 특성에 적합한 분석을 시행하여 교통에 의미하는 바를 도출하는 데 할애될 필요가 있음