

국내 주요 도시의 스마트시티 수준 분석: STIM 프레임워크를 이용하여

An Analysis on the Smart City Assessment of Korean Major Cities : Using STIM Framework

조성운, 이상호, 조성수, 임윤택
국립한밭대학교 도시공학과

Sung Woon Jo(nebula539@naver.com), Sang Ho Lee(Lshsw@hanbat.ac.kr),
Sung Su Jo(josungsu85@hanmail.net), YounTaik Leem(ytleem@hanbat.ac.kr)

요약

본 연구의 목적은 국내 주요 도시의 스마트시티 수준을 분석하는 것이다. 연구는 문헌고찰, 평가지표 구축, 평가지표 가중치 분석, 지자체 스마트시티 수준 분석, 결론의 순서로 진행되었다. 스마트시티 수준 분석을 위한 평가지표는 다층형 스마트시티 모델(Multi-Layered Smart City Model)의 STIM 구조(Service, Technology, Infrastructure, Management Layered Architecture)기반으로 구축되었다. 평가지표는 스마트시티 개념, 사례, 빅데이터 분석 등을 통해 구축되었고, 전문가 AHP 설문을 통해 가중치가 부여되었다. 연구의 공간 범위는 서울 등 7대 광역시이며, 시간 범위는 2017년~2019년이다. 연구에 사용된 데이터는 KOSIS, KISDISTAT 등의 공공데이터이다. 평가결과는 다음과 같다. 스마트시티 서비스, 기술, 인프라, 관리의 수준은 수도권인 서울과 인천이 비교적 높은 수준으로 분석되었다. 영남권인 부산, 대구, 울산이 비교적 중간 수준으로 분석되었으며 충청권과 호남권인 대전과 광주가 비교적 낮은 수준으로 분석되었다. STIM 종합순위 또한 비슷한 양상을 보인다. 특히 수도권과 그 외 권역의 스마트시티 수준 격차가 매우 큰 것으로 분석되었다. 국내 스마트시티 수준 격차를 줄이기 위해 균형발전 전략이 필요하며, 지역별 특성을 고려한 스마트시티 계획이 필요하다.

■ 중심어 : | 스마트시티 | 다층형 스마트시티 | STIM 프레임워크 | 평가지표 | 수준 분석 |

Abstract

The purpose of this study is to assess the smart city for major cities in Korea. The assessment indicators are based on the STIM structure (Service, Technology, Infrastructure, and Management Layer Architecture) of the Multi-Layered Smart City Model. Assessment indicators are established through smart city concepts, case analysis, big data analysis, as well as weighted through expert AHP survey. For the assessment, seven major metropolitan cities are selected, including Seoul, and their data such as KOSIS, KISDISTAT from 2017 to 2019 is utilized for the smart city level assessment.

The smart city level results show that the service, technology, infrastructure, and management levels were relatively high in Seoul and Incheon, which are metropolitan areas. Whereas, Busan, Daegu, and Ulsan, the Gyeongsang provinces are relatively moderate, while Daejeon and Gwangju, the South Chungcheong region and the Jeolla provinces, were relatively low. The overall STIM ranking shows a similar pattern, as the Seoul metropolitan area smart city level outperforms the rest of the analyzed areas with a large difference. Accordingly, balanced development strategies are needed to reduce gaps in the level of smart cities in South Korea, and respective smart city plans are needed considering the characteristics of each region. This paper will follow the literature review, assessment index establishment, weight analysis of assessment index, major cities assessment and result in analysis, and conclusion.

■ keyword : | Smart City | Multi-Layered Smart City Model | STIM Framework | Indicators | Assessment |

접수일자 : 2020년 10월 28일
수정일자 : 2020년 12월 28일

심사완료일 : 2021년 01월 04일
교신저자 : 이상호, e-mail : Lshsw@hanbat.ac.kr

I. 서론

스마트시티(Smart City)의 평가와 관리 수단으로 국내외 글로벌 도시와 기업들은 스마트시티 평가지표를 개발하고 각 도시를 평가하고 있다. 해외에서는 2000년대 중반부터 스마트시티 수준을 평가하려는 움직임을 보이기 시작하였으며, 2015년 이후에 그러한 움직임이 본격화되었다[1].

우리나라의 대표적인 스마트시티 수준 평가 연구는 2016년 국토연구원의 스마트도시 성숙도 및 잠재력 진단 연구와 2020년 한국건설기술연구원의 스마트시티 인사이트 평가지표 개발 및 적용 연구이다. 국토연구원에서 개발한 스마트시티 인증지표는 평가를 위해 취득해야 하는 데이터의 출처를 제시하지 않아 평가결과의 객관성이 확보되지 않았다. 또한, 지표의 수가 많아 평가에 어려움이 있다.

한국건설기술연구원에서 개발한 인사이트 평가지표는 평가를 위해 취득해야 하는 데이터의 출처와 공간 단위를 제시하여 평가결과의 객관성이 확보되었다. 그러나 확보된 데이터를 고려되지 않고 시·도, 시·군·구의 공간적 단위가 혼합되어 평가되었다. 국내에서 진행된 여타 선행연구들도 비슷한 실정이다. 즉, 국내는 해당 지역의 스마트시티 수준을 체계적으로 진단하고 평가하여 전반적인 품질향상을 기대할 수 있는 연구가 매우 부족한 실정이다[2].

본 연구의 목적은 국내 주요 도시의 스마트시티 수준을 분석하는 것이다. 본 연구는 STIM 프레임워크를 통해 기존 연구의 한계점을 보완하여 각 주요 도시의 스마트시티 수준을 체계적으로 평가할 수 있다는 의의가 있다. 스마트시티 수준 분석을 통해 각 주요 도시는 스마트시티로서 강점과 약점을 파악하고 스마트시티 수준 향상 방향을 모색할 수 있을 것이다.

본 연구의 시공간 범위는 2017~2019년 서울시 등 7대 광역시다. 본 연구의 내용적 범위는 다층형 스마트시티 모델(Multi-Layered Smart City Model)을 기반으로 한 평가지표(STIM 프레임워크) 구축과 스마트시티 수준 분석이다. 본 연구에서 사용된 데이터는 KOSIS, KISDISTAT 등의 공공기관에서 취득 가능한 통계 데이터이다.

본 연구의 방법은 다음과 같다. 첫째, 문헌 고찰을 통해 스마트시티의 개념인 다층형 스마트시티 모델을 고찰하였다. 둘째, 평가지표가 지녀야 할 요건에 대해 고찰하였다. 평가지표 요건을 바탕으로 선행연구의 한계점과 본 연구의 차별성을 제시하였다. 셋째, 스마트시티 수준 평가지표 POOL을 구축하였다. 평가지표 POOL은 스마트시티 개념, 스마트시티 평가지표 사례, 빅데이터 등의 방법을 통해 구축되었다.

넷째, 평가지표 POOL 중 공공데이터 취득 가능성에 해당하는 지표를 선정하여 최종 스마트시티 수준 평가지표를 선정하였다. 선정된 스마트시티 수준 평가지표는 전문가 AHP 설문을 통해 가중치가 분석되었다. 마지막으로, 서울시 등 7대 광역시의 스마트시티 수준 분석이 수행되었다. 수집된 데이터의 상대적인 차이를 표준화하기 위해 T 스코어를 적용하여 스마트시티 수준 분석이 수행되었다. 분석결과는 주요 도시별 상대적인 순위와 강점이 제시되었다. 이후 연구의 결론과 한계점, 정책적 제언 및 향후 연구과제를 제시하였다.

II. 문헌고찰

1. 스마트시티 개념과 STIM 프레임워크

스마트시티(Smart City)는 일반적으로 정보통신기술(Information and Communication Technologies, ICTs), 빅데이터 등의 4차 산업혁명 기술을 이용하여 도시문제를 해결하고, 삶의 질을 개선할 수 있는 도시를 의미한다[3]. 스마트시티는 환경의 지속가능성 향상, 삶의 질 향상, 도시문제의 효율적인 해결, 일자리 창출, 혁신 산업 생태계 구축 등 다양한 목적을 가지고 세계 각국에서 추진되고 있다.

국내 스마트시티는 2000년대 초반 유시티(Ubiquitous City, U-City)라는 독자적인 브랜드로 추진되었다. 유시티는 시민들이 정보통신기술을 통해 언제 어디서나 어떤 기기를 통해서도 정보 서비스를 제공하여 삶의 질과 도시 경쟁력을 향상시키는 도시이다[4]. 유시티 사업의 효율적인 추진과 관리를 위해 2008년 「유비쿼터스도시의 건설 등에 관한 법률(이하 유시티법)」이 제정되었다. 하지만 유시티 사업은 공공이 주도

하는 하향식(Top Down) 접근으로 다양한 한계에 노출되고, 이를 극복하기 위해 2017년 유시티법이 「스마트도시 조성 및 산업진흥 등에 관한 법률(이하 스마트도시법)」로 개정되었다. 이후 스마트시티추진전략이 발표되고 본격적으로 국내 스마트시티 사업이 추진되었다[3]. 유시티와 스마트시티는 인프라의 활용, 사업방식, 사업 추진체계 등의 차이가 있으나 사전적 의미, 목적, 개념 등이 유사하다[4][5]. 즉, 스마트시티의 정보통신기술, 인프라, 서비스 등이 작동하는 시스템(System)은 유시티와 유사하다고 볼 수 있다. 본 연구는 스마트시티가 유시티와 같은 작동모델을 가진다는 전제하에 진행되었다.

유시티의 개념은 정보화 도시, ICTs 중심의 유시티, 장소 중심의 유시티에서 다층형 유시티 모델(Multi-Layered Ubiquitous City Model) 이론으로 진화하였다. 다층형 유시티 모델 이론은 유시티의 기술, 서비스, 인프라, 관리가 하나로 통합되는 시스템이다[6-10]. 본 연구에서는 다층형 유시티 모델 이론을 다층형 스마트시티 모델(Multi-Layered Smart City Model) 이론으로 전제하고 수행되었다.

다층형 스마트시티 모델은 첨단 정보통신기술(ICTs)로 구축된 도시에 인간을 위한 서비스(콘텐츠)가 고정형 스마트 인프라(Built Smart Infrastructure, BSI)와 이동형 스마트 인프라(Movable Smart Infrastructure, MSI) 등의 네트워크를 기반으로 제공되는 것을 의미하며, 네트워크를 통해 관리되는 도시라고 정의되었다.

즉, 스마트시티는 STIM 구조(Service, Technology, Infrastructure, Management Architecture)이며, 이를 통해 작동되는 도시이다[11].

STIM 구조의 S(Service, 서비스)는 ‘스마트 기술 및

도시기반시설을 활용하여, 시공(時空)의 제약 없이 받을 수 있는 지능화된 정보 또는 콘텐츠의 총합체’로 정의된다. 스마트시티 서비스의 분류는 스마트도시법 제2조 2항에 정의되어 있다. 이는 서비스의 수요와 공간의 통합적 관점에서 분류한 결과이다[6].

T(Technology, 기술)는 정보의 송·수신과 처리를 위한 기술이다. 기술은 정보의 수발신과 처리를 위한 첨단정보통신기술이며 센싱(Sensing, 정보입력), 네트워크(Network, 정보전달), 인터페이스(Interface, 정보표현), 프로세싱(Processing, 정보처리), 보안(Security, 정보보안) 등이다. 본 연구에서는 센싱, 네트워크, 인터페이스, 프로세싱, 보안을 고도화된 정보통신기술인 ICBM(IoT, Cloud, BigData, Mobile)과 AI(인공지능), Block Chain으로 분류하였다. 이는 4차 산업혁명의 핵심기술이며 센싱, 네트워크 인터페이스, 프로세싱, 보안의 기능을 수행한다[9][12-15].

I(Infrastructure, 인프라)는 스마트시티 서비스를 송·수신할 수 있는 디바이스 및 건물, 시설, 네트워크와 공간 등 서비스를 전달하는데 필요한 기반시설이다. 고정인프라는 스마트시티 공간의 일정 위치에 고정된 가로, 건물, 시설, 단지나 특정 위치에 설치된 디바이스 등이다. 이동인프라는 이동하는 인프라 요소를 의미하며 스마트폰, 스마트카, 로봇 등이 있다. 지능형 인프라는 고도화된 인프라를 의미하며 스마트시티 통합운영센터 등이 해당된다. 스마트시티 통합운영센터는 스마트도시법 제2조의 3호 다목, 시행령 제4조(스마트도시의 관리·운영에 관한 시설)에 정의된 시설이다[6][11][16].

M(Management, 관리)은 IT 기반에서 작동하는 스마트시티의 종합적 계획 경영 및 행정 등의 거버넌스이다. 스마트시티의 행정 거버넌스는 정부 중심 통치 거버넌스에서 공공과 민간 그리고 시민의 협치 모델인

표 1. STIM 구조의 정의 및 분류

STIM 구조	정의	분류
서비스 (Service)	스마트 기술 및 도시기반시설을 활용하여, 시공(時空)의 제약 없이 제공 받을 수 있는 지능화된 정보 또는 콘텐츠의 총합체	스마트 도시법의 12개 스마트도시서비스 분류 (행정, 교통, 보건·의료·복지, 환경·에너지·수자원, 방범·방재, 시설물 관리, 교육, 문화·관광·스포츠, 물류, 근로·고용, 주거, 기타)
기술 (Technology)	정보의 송·수신과 처리를 위한 4차 산업혁명 핵심기술	ICBM-AI & Block Chain (IoT, Cloud Computing, Bigdata, Mobile, AI, Block Chain)
인프라 (Infrastructure)	스마트시티 서비스를 송·수신할 수 있는 디바이스 및 건물과 시설, 네트워크와 공간 등 서비스를 전달하는데 필수적인 요소와 스마트시티 공간에 설치되는 모든 종류의 인프라	고정형 인프라, 이동형 인프라, 지능형 인프라
관리 (Management)	IT 기반에서 작동하는 스마트시티의 종합적 계획 경영 및 행정	법/제도, 공공 부문, 민간 부문

P.P.P(Public, Private, People Partnership)로 변화되었다. 즉, 스마트시티 관리에서는 공공, 민간, 시민의 거버넌스가 중요하다[6][17].

2. 평가지표 사례

2.1 평가지표 요건

본 절에서는 평가지표가 지녀야 할 요건을 제시한 연구를 고찰하였다. 조택(2007)은 평가지표가 지녀야 할 요건을 정의하여 공공기관의 기존 경영평가지표의 논리적 연계성, 평가의 객관성을 높인 개편안을 제시하였다. 김주진 외(2010)는 재건축부담금의 배분을 위한 평가지표를 구축하고 AHP 분석을 통해 평가항목 및 평가지표별 가중치를 분석하여 제시하였다. 정구석(2018)은 국내의 평가지표 요건에 대한 15개 선행연구에 대해 빈도분석을 수행하고, 중복되는 요건을 검토하여 최종적으로 적합성(Relevant), 측정성(Measurable)을 도출하였다[18-20].

평가지표 요건 선행연구에서 제시된 요건 중 공통적인 의미를 담고 있는 것은 첫째, 타당성과 적합성이다. 이는 평가지표가 측정하려고 하는 것과 관련된 것으로 구성되어 있고, 평가지표가 측정하고자 하는 것을 정확하게 측정할 수 있는지에 대한 요건이다. 둘째, 신뢰성과 측정성이다. 이는 평가자에 따라 평가결과가 상이하게 도출되면 안 된다는 요건이다. 셋째, 적시성과 용이성이다. 이는 평가를 위한 데이터는 신속하고 빠르게 수집되어야 한다는 요건이다.

객관적인 평가가 가능해야 하는 신뢰성과 측정성, 데이터를 신속하게 수집해야 하는 적시성과 용이성은 공

개된 공공데이터 취득을 통해 해결할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 평가지표의 요건으로 적합성(Relevant)과 공공데이터 취득 가능성이 채택되었다. 적합성은 평가지표 Pool 구축 시 적용되었으며 공공데이터 취득 가능성은 최종 스마트시티 평가지표 도출 시 적용되었다.

표 2. 평가지표 요건과 정의

평가지표 요건	정의
적합성 (Relevant)	평가지표가 측정하고자 하는 목표에 적합해야 함 평가지표가 성과를 정확히 측정할 수 있어야 함
공공데이터 취득 가능성	공개된 공공데이터 취득이 가능해야 함

2.2 스마트시티 평가지표 사례

본 절에서는 앞 절에서 정의된 평가지표 요건에 따라 국내의 스마트시티 평가지표 구축 사례를 고찰하였다. 평가지표 요건 충족 정도는 O(충족), △(일부 충족), X(미충족)로 표현하였다.

신우재(2019)는 범용성과 적용성을 중심으로 스마트 시티 지표를 개발하였다. 핵심지표, 관련지표, 향후 활용지표를 제시하였으며, 지표는 적합성과 공공데이터 취득 가능성이 일부 충족되었다. 김유미 외(2019)는 디지털 사회혁신 관점의 스마트도시 추진 프로세스 및 역량 측면에서 국내도시를 객관적으로 진단할 수 있는 평가지표를 도출하였다. 지표는 적합성이 일부 충족, 공공데이터 취득 가능성이 미충족되었다. KPKT(Kementerian Perumahan dan Kerajaan Tempatan, Malaysia Smart City Framework, 2018)는 말레이시아의 스마트시티 계획에 제시된 말레이시아 스마트시티 평가지표에 관한 내용이다. 주로 환경적

표 3. 국내외 스마트시티 평가지표 구축 사례

구분	기관	특징	지표 구성	적합성	공공데이터 취득 가능성
국내	신우재 (2019)	핵심지표와 보조지표별 관련지표 제시, 향후 활용지표 제시	5개 핵심지표와 35개 관련지표, 8개 보조지표와 36개 관련지표, 3개 향후 활용지표와 9개 관련지표	△	△
	김유미 외 (2019)	측정지표에 따른 자료 출처를 제시, 스마트시티의 거버넌스와 행정에 관한 지표 위주로 구성	대분류 4개, 중분류 16개, 측정지표 16개 제시	△	X
국외	KPKT (2018)	환경적 지속 가능성과 인프라 구축, 삶의 질 위주의 지표 제시	7개 대분류, 80개 지표	O	X
	United 4 SSC (2018)	평가지표가 핵심지표와 보조지표로 구성되어 있으며, 환경과 삶의 질 분야의 KPIs 다수 제시	3개 대분류, 7개 중분류, 27개 소분류, 91개 KPIs	△	△
	ISO 37122 (2019)	스마트시티와 일반 도시를 평가하는 종합적인 평가지표 제시	19개 분류, 80개 지표	△	△
	ITU-T (2016)	스마트시티의 지속 가능 개발달성도 평가를 위한 핵심성과지표 제시	6개 대분류와 20개의 중분류, 48개의 지표	O	△

지속 가능성과 인프라 구축에 관련된 지표로 구성되어 있다. 지표는 적합성이 충족되었으나 공공데이터 취득 가능성은 미충족되었다[21-23].

United 4 SSC(2018) 사례는 스마트 지속가능도시 연합인 U4SSC(United for Smart Sustainable Cities - ITU)에서 제시한 스마트시티 핵심성과지표이다. 지표는 적합성과 공공데이터 취득 가능성이 일부 충족되었다. ISO 37122(2019)는 스마트시티의 국제 표준을 위한 평가지표를 제시하였다. 평가지표는 적합성과 공공데이터 취득 가능성이 일부 충족되었다. ITU-T(International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector, 2016)는 국제 전기통신 연합(International Telecommunication Union, ITU)의 기관이며, 전기통신 관련 분야의 표준화를 담당하고 있는 기관이다. 스마트시티의 지속가능한 개발달성도 평가를 위해 스마트시티 핵심성과 지표를 제시하고 있다. 핵심성과 지표는 적합성이 충족, 공공데이터 취득 가능성이 일부 충족되었다[24-26].

3. 선행연구

한국건설기술연구원(2020)의 스마트시티 평가지표는 사례분석과 공공데이터 취득 가능성을 바탕으로 구축되었다. 구축된 지표를 통해 국내 161개 지자체를 대상으로 스마트시티 수준을 비교 분석하였다. 한국건설기술연구원의 연구에서 제시된 지표는 적합성과 공공데이터 취득 가능성이 충족된 지표이다. 하지만 수준 분석과정에서 시·도, 시·군·구가 혼합되어 평가가 진행되었다[27].

국토연구원(2016)의 평가지표는 사례와 실질적인 적용의 관점에서 고려되어 도출되었다. 도출된 평가지표를 통해 국내 4개 지자체의 스마트시티 수준이 평가되었다. 해당 연구는 평가를 위한 데이터의 출처를 제시하지 않았으며, 세부 평가지표의 용어와 단위가 명확하게 제시하지 않았다. 제시된 지표는 적합성이 충족되었으나 공공데이터 취득 가능성은 일부 충족되었다[1].

이면성 외(2019)는 스마트시티 실증서비스 성과 평가지표를 구축하였다. 고양시 스마트시티 실증서비스를 대상으로 평가지표가 검증되었으며, 검증 결과는 시민

설문결과와 일치하였다. 하지만 단일 서비스를 대상으로 검증되었고, 검증 과정에 객관성의 확보가 미흡하였다. 평가지표는 적합성이 일부 충족, 공공데이터 취득 가능성이 미충족되었다[28]. TU-WIEN(2007) 사례는 스마트시티를 구성하고 있는 6개 차원을 중심으로 스마트시티 평가지표를 제시하였다. 제시된 스마트시티 평가지표는 유럽 실정에 맞는 지역 한정적인 성격을 지니고 있어 국내 실정에 맞지 않는다. 적합성은 충족되었으나 공공데이터 취득 가능성은 미충족되었다[29].

Easy Park Group은 매년 세계의 도시를 대상으로 스마트시티 수준 평가를 진행하고 있다. 제시된 지표의 적합성은 충족, 공공데이터 취득 가능성은 일부 충족되었다[25]. EDCI(European Digital City Index, 2016)는 스마트시티의 기량, 기반시설, 모니터링, 온라인 시장 등으로 구성된 지표를 제시하여 유럽 60개의 도시를 평가하고 있다. 유럽을 대상으로 지표가 구성되어 적합성과 공공데이터 취득 가능성 모두 일부 충족되었다[31].

Sharifi(2019)는 사례를 바탕으로 스마트시티 목표 달성, 스마트한 측면의 지표, 자유롭게 데이터에 접근할 수 있는 조건을 바탕으로 평가지표를 구축하였다. 지표의 실제 적용까지 수행되지는 않았다. 적합성은 충족되었으며, 공공데이터 취득 가능성은 일부 충족되었다[32]. 스마트시티 평가지표 사례와 스마트시티 평가 선행연구를 고찰한 결과는 다음과 같다. 첫째, 한국건설기술연구원을 제외하고 적합성과 공공데이터 취득 가능성을 모두 만족한 평가지표 사례는 없었다. 국외 스마트시티 평가지표 사례는 특정 지역의 스마트시티 수준을 평가하기 위해 제시되었기 때문에 국내에 그대로 적용하기에는 무리가 있었다. 둘째, 스마트시티 평가과정이 복잡하거나 평가에 있어서 공간 단위를 고려하지 않는 등의 문제가 있는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 스마트시티의 핵심 구조인 STIM에 기반하여 평가지표를 구축하였다. 평가지표는 사례 및 선행연구의 지표 활용 시 공공데이터 취득 가능성을 기반으로 구축되어 객관성이 확보되었다. 또한, 지표의 단위, 출처가 명확하게 제시되었고 공간 단위를 고려해 시·도 단위에서 스마트시티 수준 평가가 진행되었다.

표 4. 국내외 스마트시티 수준 분석 선행연구

구분	기관	특징	지표 구성	적합성	공공데이터 취득 가능성
국내	국토연구원 (2016)	국내 지자체 스마트시티 수준 평가 수행, 일반지표와 성숙지표로 구분되며 성숙도 단계별로 스마트시티 수준 제시	3개 대분류, 13개 중분류, 41개 소분류, 150개 지표, 성숙도 5단계 제시	○	△
	한국건설기술연구원 (2020)	국내에서 취득 가능한 데이터 중심으로 평가지표 구축하여 국내 161개 지자체를 대상으로 평가 수행	8개 대분류, 28개 지표, 지표별자료 출처와 단위 제시	○	○
	이면성 외(2019)	국내 스마트시티의 실증 서비스를 중점적으로 평가하는 지표 구축하여 실증서비스 평가 수행	4개 대분류, 7개 중분류, 16개 소분류	△	×
국외	TU-WIEN (2007)	스마트시티 6개 차원 제시, 도시의 지속 가능성과 삶의 질 향상의 목표 지향성 지표 제시하여 유럽 도시 평가	6개 대분류, 30개 중분류, 74개 지표	○	×
	Easy Park Group (2019)	서비스, 기술, 인프라, 도시계획 등 다양한 분류의 평가지표 제시하여 세계 각국의 도시를 평가	19개 지표와 평가 방법, 데이터 출처 제시	○	△
	EDCI (2016)	정보통신기술 위주의 스마트시티 평가지표를 중심으로 제시하며 유럽 도시 평가	10개 대분류, 38개 지표	△	△
	Sharifi(2019)	서비스, 인프라, 거버넌스 등 다각적인 평가지표 제시	7개 분류, 99개 지표	○	△

III. 스마트시티 수준 평가지표 구축

스마트시티 수준 평가지표를 구축한 방법은 다음과 같다. 첫째, 스마트시티 STIM 기준으로 평가지표 POOL을 구축하였다. 평가지표 POOL은 스마트시티 개념, 평가지표 사례 및 선행연구, 빅데이터 분석 등의 방법으로 구축되었다. 둘째, 구축된 평가지표 POOL을 공공데이터 취득 가능성을 판단하여 최종 평가지표로 선정하였다. 지표의 적합성은 STIM 정의에 따라 분류하는 과정에서 충족되었다. 셋째, 스마트시티 전문가를 대상으로 AHP 설문 조사를 수행하여 최종 스마트시티 평가지표의 가중치를 분석하였다.

1. 스마트시티 수준 평가지표 POOL 구축

1.1 스마트시티 개념에 의한 평가지표 POOL

스마트시티의 수준 평가는 다층형 스마트시티의 STIM 구조를 기반으로 수행되어야 한다. 서비스 지표는 어떤 서비스를 얼마나 많이 제공하는지, 어떤 서비스가 얼마나 이용되는지, 얼마나 만족하는지에 대한 평가지표로 구축되었다.

스마트시티는 정보통신기술이 활용되어 스마트시티 서비스, 인프라, 관리가 작동하기 때문에, 정보통신기술이 많이 활용될수록 스마트시티의 기술 수준은 높은 것으로 판단될 수 있다. 즉, 기술지표는 ICBM, AI, Block Chain 등의 기술 사용량(혹은 사용률)으로 구축되었다. 인프라 지표는 고정형 인프라와 이동형 인프라, 지능형 인프라로 분류되며, 서비스 송·수신의 원활성에 관한 평가지표가 구축되었다.

관리지표는 법/제도와 스마트시티 거버넌스인 P.P.P(Public, Private, People Partnership)에 관한 지표인 공공 부문, 민간 부문으로 분류되었다. 시민은 도시를 위해 의견을 제시하고 공공 및 민간에 협력하는 역할이기 때문에, 공공의 시민 의견 정책 반영 의지로 구축되었다.

1.2 선행연구와 사례에 의한 평가지표 POOL

문헌 고찰에서 다뤄진 지표는 스마트시티 서비스, 기술, 인프라, 관리로 재분류되었으며, 중복되는 지표는 하나의 지표로 통일되었다. 스마트시티 서비스는 153개, 기술은 18개, 인프라는 125개, 관리는 146개로 총 442개의 평가지표 POOL이 구축되었다. 442개의 평가지표 POOL 중 중복되거나 비슷한 의미의 지표는 하나의 지표로 통일하는 중복성 검토가 수행되었다. 중복성 검토를 거친 평가지표 POOL은 총 341개로 서비스 121개, 기술 9개, 인프라 89개, 관리 122개로 도출되었다.

1.3 빅데이터 분석에 의한 평가지표 POOL

본 절에서는 빠르게 변하는 첨단 정보통신기술의 특성[33]으로 인해 스마트시티의 최신 뉴스 기사의 키워드 분석을 수행하였다. 뉴스 데이터는 빅카인즈(Bigkinds)를 통해 수집되었다. 분석된 빅데이터 키워드는 STIM 정의에 따라 분류하고 지표로 변환되었다. 평가지표 POOL 구축을 위해 최근 2년(2018. 03. 28. ~ 2020. 03. 28.) 동안의 19,031건의 뉴스 데이터가 수집되었다. 키워드 분석은 파이썬(Python)을 통해 수

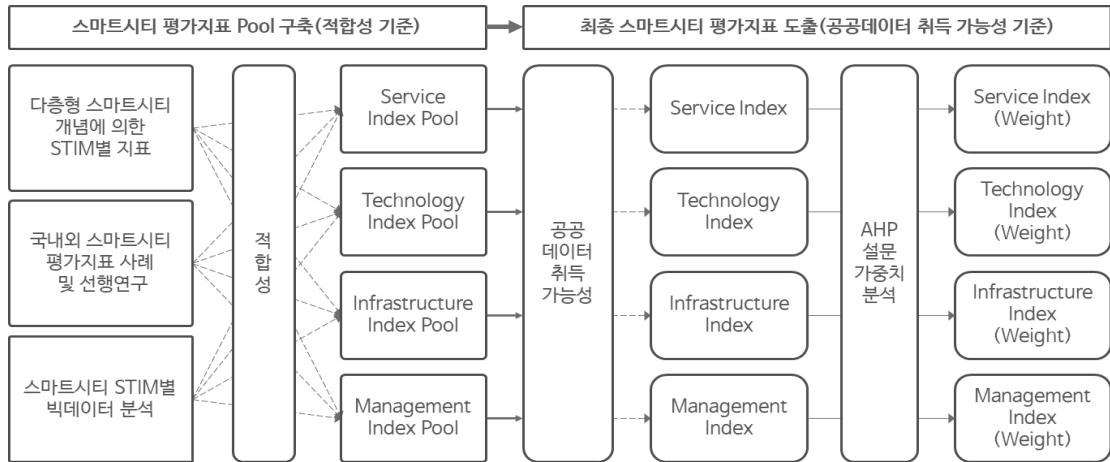


그림 1. 스마트시티 수준 평가지표 구축 프로세스(STIM 프레임워크)

행되었고, 기사 본문의 내용이 분석되었다.

키워드 분석 방법은 크게 2가지의 단계로 구성된다. 첫째는 데이터 전처리하는 단계이다. 이는 수집된 데이터를 정제하는 과정을 의미한다. 둘째는 데이터 전처리를 통해 도출된 단어를 활용한 빈도분석 단계이다. 데이터 전처리는 파이썬의 패키지(코코마 세종 말뭉치, KoNLPy)를 이용하여 형태소 분석이 진행되었다. 내용과 관련이 없는 특수문자(예: ○, ▲, ※ 등), 조사(예: 은, 는, 가, 이 등), 공백, 의존명사 등 불필요한 데이터는 제거되었다.

형태소 분석에서 제거되지 않은 불필요한 단어들(도시, 지자체 명, 기관 및 기업명 등)은 불용어 사전에 추가하여 직접 제거하는 반복 과정을 거쳤다. 데이터 전처리를 통해 얻은 정제된 키워드는 빈도분석 수행에 사용되었다. 100회 이상 제시된 키워드 중 스마트시티와 상관없는 키워드, 사람 이름 등의 키워드는 제외되었고, STIM 정의에 따라 분류되었다. 분류된 키워드는 STIM 정의에 따라 지표로 변환되었다.

2. 최종 스마트시티 수준 평가지표 선정

본 절에서는 세 가지 방법을 통해 구축된 평가지표 POOL을 취합하고, 공공데이터 취득 가능성을 고려하여 최종 스마트시티 수준 평가지표가 선정되었다. 평가지표는 서비스 6개, 기술 6개, 인프라 15개, 관리 14개로 총 41개 도출되었다. 관리의 IT 제조업, IT 서비스

업, 지식서비스업의 산업 분류는 조성수 외(2018)의 문헌을 참고하였다[12]. 최종 스마트시티 수준 평가지표는 인구수 대비 비율로 평가하는 지표가 아닌 원 데이터(Raw data) 그대로 평가하는 지표 위주로 구성되었다. 원 데이터 평가지표 위주로 구성한 까닭은 스마트시티 서비스, 기술, 인프라, 관리가 공공재의 성격을 지니기 때문이다. 공공재는 어떠한 경제주체에 의해 생산이 이루어지면 구성원 모두가 소비혜택을 누릴 수 있는 것을 의미한다. 스마트시티의 서비스, 기술, 인프라, 관리는 인구수와 관계없이 구성원 모두가 이용할 수 있기에 원 데이터로 평가하는 지표 위주로 구성하였다. 일부 지표는 취득 가능한 데이터가 비율데이터로 제공되기에 비율지표로 제시하였다.

3. 평가지표 가중치 분석

선정된 스마트시티 수준 평가지표 가중치를 분석하기 위해 전문가 AHP 설문을 진행하였다. AHP 설문은 평가 요소 간 가중치를 체계적인 절차를 통해 결정하는 방법이며, 전문가의 주·객관적 정보를 종합하여 지표별 가중치를 도출할 수 있다[34][35].

본 연구에서는 계량화가 어려운 스마트시티 수준 평가지표의 가중치를 분석하기 위해 AHP 설문 방법론을 활용하였다. 본 연구에서는 스마트시티 수준 분석 평가지표의 대분류와 중분류를 대상으로 AHP 설문을 수행하였다. 설문 기간은 2020.04.20.~2020.05.04.(약 2

주) 이다. 설문 대상자는 스마트시티 및 도시계획 전문가 17인을 대상으로 하였다. 설문 내용은 스마트시티 수준 평가지표 간 상대적 중요도에 따른 가중치 도출이다.

표 5. 스마트시티 수준 평가지표 가중치

대분류	가중치	중분류	가중치
서비스	0.384	근로/고용 서비스	0.042
		행정서비스	0.162
		에너지/환경 서비스	0.064
		기타 서비스	0.067
		사물인터넷 기술	0.078
기술	0.186	클라우드 컴퓨팅 기술	0.057
		빅데이터 기술	0.046
		모바일 기술	0.03
		인공지능 기술	0.03
		3D프린팅 기술	0.011
인프라	0.262	고정형 인프라	0.088
		이동형 인프라	0.08
		지능형 인프라	0.11
관리	0.168	법/제도	0.071
		공공 부문	0.032
		민간 부문	0.031

총 17부의 설문지 중 일관성지수(Consistency Index, CI)가 0.2 이상인 설문지 2부를 제외하고 15부가 가중치 분석에 사용되었다. 종합 일관성 지수는 0.01로 도출되어 일관성 결여의 문제는 발견되지 않았다. 가중치 분석결과 대분류는 서비스 0.384, 인프라 0.262, 기술 0.186, 관리 0.168의 순서로 도출되었다.

IV. 분석결과

스마트시티 수준 분석과정은 다음과 같다. 첫째, 앞 절에서 구축된 평가지표에 해당하는 지표 데이터를 수집한다. 둘째, 수집된 데이터의 상대적인 차이를 표준화한다. 셋째, 표준화된 데이터에 가중치를 적용하여 주요 도시의 스마트시티 수준 분석을 수행하였다. [그림 2]는 서비스 부문의 '스마트 워크 서비스 이용 사업체 수'의 분석 수치 도출과정을 예시로 표현한 것이다. 스마트시티 수준 분석을 위한 취득 데이터의 시기는 2017년~2019년이다. 수집된 데이터의 표준화를 위해 Z 스코어가 변환된 T 스코어를 활용하였다. Z 스코어는 비교 대상 간의 평균에 대한 분산 정도를 계산한 표준화 계수이다. 특히, 데이터 분포에 있어서 상대적인 차이를

표준화해주기 때문에 의미 있는 기술적 분석이 가능하다[36].

서비스	도시	데이터 수집(개)	Z 스코어 적용	T 스코어 적용	가중치 적용 (동수)
스마트 워크 서비스 이용 사업체 수	서울	9,509	0.94	59.35	2.493 (2)
	부산	2,759	-0.92	40.79	1.713 (6)
	대구	10,315	1.16	61.57	2.586 (1)
	인천	8,563	0.67	56.75	2.383 (3)
	광주	448	-1.56	34.43	1.446 (7)
	대전	5,239	-0.24	47.61	2.000 (5)
	울산	5,930	-0.05	49.51	2.079 (4)

그림 2. 스마트시티 수준 분석 수치 도출과정(예시)

하지만, Z 스코어는 음수(-)와 더불어 소수점으로 표시된다. T 스코어는 Z 스코어가 평균 50, 표준편차가 10인 분포로 변환된 표준점수이기 때문에 양수(+)로 표시된다. 본 연구에서는 평가의 용이성을 위해 T 스코어가 활용되었다. Z 스코어와 T 스코어 수식은 식(1), (2)와 같다.

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \tag{1}$$

x : 지표의 원점수
 μ : x 의 평균
 σ : x 의 표준편차

$$T = 10 * Z + 50 \tag{2}$$

1. 서비스 분석결과

서비스 종합 순위는 서울, 인천, 대구, 부산, 울산, 대전, 광주 순으로 분석되었다. 서비스별로 보았을 때, 근로/고용 서비스는 대구가 1위, 행정서비스는 서울이 1위, 환경/에너지/수자원 서비스와 기타 서비스는 인천이 1위인 것으로 분석되었다. 서비스 지표에서 대부분 서울과 인천이 1위와 2위인 것으로 분석되었다. 반면 광주, 대전, 울산은 모든 서비스 지표에서 하위권으로 분석되었다. 각 서비스의 평균 이상인 지역은 대부분 서울과 인천이며, 광주, 대전, 울산은 모두 평균 이하로 분석되었다. 또한, 지역별로 특화 서비스가 없이 모든 서비스에서 균등한 순위를 보이는 것으로 분석되었다.

2. 기술 분석결과

표 6. 스마트시티 수준 평가지표

대분류	중분류	소분류	지표	방법	근거	출처	
서비스 (Service)	근로/고용	스마트 워크 서비스	스마트 워크 서비스 이용 사업체 수 (개)	해당 서비스 이용 사업체 수	개념, 사례, 빅데이터	KOSIS	
			전자정부 서비스 이용 사업체 수 (개)	해당 서비스 이용 사업체 수	개념, 사례	KOSIS	
	행정	공공 행정 서비스	공공데이터 서비스 이용 사업체 수 (개)	해당 서비스 이용 사업체 수	개념, 사례	KOSIS	
			신재생에너지 서비스	신재생에너지 연간 발전량 (Mw)	신재생에너지 연간 발전량	개념, 사례, 빅데이터	KOSIS
	기타	광대역 통합망 (BcN) 서비스	인터넷 쇼핑 서비스	전자상거래 이용 사업체 수 (개)	해당 서비스 이용 사업체 수	개념, 사례, 빅데이터	KEPCO 한국전력통계
IPTV 서비스 가입률 (%)			해당 서비스 이용 사업체 수/전체 사업체 수	개념	KISDISTAT		
기술 (Technology)	IoT		IoT 기술이용 사업체 수 (개)	해당 기술이용 사업체 수	개념, 사례, 빅데이터	KOSIS	
	Cloud		클라우드 컴퓨팅 기술이용 사업체 수 (개)	해당 기술이용 사업체 수	개념, 빅데이터	KOSIS	
	Bigdata		빅데이터 기술이용 사업체 수 (개)	해당 기술이용 사업체 수	개념, 사례, 빅데이터	KOSIS	
	Mobile		이동통신 서비스 가입률 (%)	이동통신 서비스 가입자 수/전체 인구수	개념, 사례	KISDISTAT	
	AI		인공지능 기술이용 사업체 수 (개)	해당 기술이용 사업체 수	개념, 빅데이터	KOSIS	
	3D Printing		3D 프린팅 기술이용 사업체 수 (개)	해당 기술이용 사업체 수	사례, 빅데이터	KOSIS	
인프라 (Infrastructure)	고정형 인프라	유선망	광대역 통합망 (BcN)	유선인터넷 서비스 가입률 (%)	해당 서비스 이용 사업체 수/전체 사업체 수	개념, 사례	KISDISTAT
			IPTV 셋톱박스보유율 (%)	IPTV 셋톱박스 보유 가구 수/전체 가구 수	개념	KISDISTAT	
		무선망	WiFi	공공 WiFi 개수 (개/Km ²)	공공 WiFi 개수/지자체 면적	개념, 사례	공공와이파이
			무선국	면적 대비 이동통신 무선국 수 (개/Km ²)	2G, 3G, 4G 무선국 수 합계/지자체 면적	개념, 사례	전파누리
		센서	CCTV	면적 대비 CCTV 개수 (개/Km ²)	CCTV 개수/지자체 면적	개념, 사례, 빅데이터	DATA.GO.KR
		컴퓨터		데스크탑 보유율 (%)	데스크탑 보유 가구 수/전체 가구 수	개념, 사례	KISDISTAT
	지속가능 시설	충전소	전기차 충전소 개수 (개)	전기차 충전소 개수	사례	저공해차 통합정보 누리집	
		발전설비	신재생에너지 발전설비 총 용량 (kW)	신재생에너지 발전설비 총 용량	사례	KEPCO 한국전력통계	
	이동형 인프라	전기자동차	전기자동차 보급 대수 (대)	전기자동차 보급 대수	사례	환경부	
		노트북	노트북 보유율 (%)	노트북 보유 가구 수/전체 가구수	개념, 사례	KISDISTAT	
		태블릿 PC	태블릿 PC 보유율 (%)	태블릿 PC 보유 가구 수/전체 가구수	개념, 사례	KISDISTAT	
		스마트폰	스마트폰 보유율 (%)	스마트폰 보유 가구 수/전체 가구수	개념, 사례	KISDISTAT	
지능형 인프라	드론	드론 보유율 (%)	드론 보유 가구 수/전체 가구수	빅데이터	KISDISTAT		
	IoT 기기	IoT 기기 보유율 (%)	IoT 기기 보유 가구 수/전체 가구수	사례	KISDISTAT		
도시통합 운영센터		통합운영센터 운영 여부 (O/X)	통합운영센터 운영 여부	개념, 사례, 빅데이터	Smart City Korea		
관리 (Management)	법/제도		스마트시티 조성 및 운영 관련 조례 건수 (건)	스마트시티 조성 및 운영 관련 조례 건수	개념, 사례	자치법규정보 시스템	
	공공 부문	스마트시티조직역량	스마트시티 전담 공무원 수 (명)	스마트시티 전담 공무원 수	개념, 사례	지자체 홈페이지	
			지자체 제공 APP 개수 (개)	지자체 제공 APP 개수	사례	Google Play	
			스마트도시 통합플랫폼 운영 여부 (O/X)	스마트도시 통합플랫폼 운영 여부	개념, 사례	Smart City Korea	
	시민 의견 정책 반영 의지	실시간 시민의견 제안 시스템 운영 여부 (O/X)	실시간 시민의견 제안 시스템 운영 여부 (O/X)	실시간 시민의견 제안 시스템 운영 여부	개념, 사례, 빅데이터	지자체 홈페이지	
			리빙랩 운영 여부 (O/X)	리빙랩 운영 여부	개념, 사례, 빅데이터	지자체 홈페이지	
	민간 부문	전사적 업무 관리	전사적 통합관리 업무 처리(DSS, ERP 등) 사업체 수 (개)	전사적 통합관리 업무처리 사업체 수	사례	KOSIS	
			기업간 협업	대외기관 간 협업업무(SCM, TPS) 처리 사업체 수 (개)	대외기관 간 협업업무 처리 사업체 수	사례	KOSIS

대분류	중분류	소분류	지표	방법	근거	출처
		서비스 및 인프라 공급 관리 역량	IT 서비스업(정보통신업) 사업체 수 (개)	IT 서비스업(정보통신업) 사업체수	개념, 사례, 빅데이터	KOSIS
			IT 서비스업(정보통신업) 종사자 수 (명)	IT 서비스업(정보통신업) 종사자 수	개념, 사례, 빅데이터	KOSIS
			지식서비스업 사업체 수 (개)	지식서비스업 사업체수	개념, 사례, 빅데이터	KOSIS
			지식서비스업 종사자 수 (명)	지식서비스업 종사자 수	개념, 사례, 빅데이터	KOSIS
			IT제조업 사업체 수 (개)	IT제조업 사업체수	개념, 사례, 빅데이터	KOSIS
			IT제조업 종사자 수 (명)	IT제조업 종사자 수	개념, 사례, 빅데이터	KOSIS

표 7. 스마트시티 서비스 평가결과

STIM	중분류	소분류	지표	분석값 (순위)								
				서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	평균	
서비스	근로/고용	스마트 워크 서비스	스마트 워크 서비스 이용 사업체 수	2.5 (2)	1.7 (6)	2.6 (1)	2.4 (3)	1.4 (7)	2.0 (5)	2.1 (4)	2.10	
	행정	공공 행정 서비스	전자정부 서비스 이용 사업체 수	5.8 (1)	3.9 (3)	3.8 (4)	4 (2)	3.6 (6)	3.7 (5)	3.5 (7)	4.05	
			공공데이터 서비스 이용 사업체 수	5.6 (1)	3.6 (5)	3.9 (3)	4.6 (2)	3.4 (6)	3.8 (4)	3.4 (7)	4.05	
			행정서비스 평균	5.7 (1)	3.8 (4)	3.9 (3)	4.3 (2)	3.5 (6)	3.7 (5)	3.4 (7)	4.05	
	환경/에너지/수자원	신재생 에너지 서비스	신재생에너지 연간 발전량	3.7 (3)	3.8 (2)	2.7 (6)	4.1 (1)	2.8 (5)	2.4 (7)	2.9 (4)	3.20	
	기타	인터넷 쇼핑 서비스	전자상거래 이용 사업체 수	전자상거래 이용 사업체 수	4.8 (1)	3.2 (4)	3.2 (2)	3.2 (3)	3.0 (5)	2.9 (7)	3.0 (6)	3.35
				광대역 통합망 (BcN) 서비스	IPTV 서비스 가입률	4.1 (2)	3.3 (5)	3.5 (3)	4.1 (1)	2.4 (7)	2.6 (6)	3.4 (4)
		기타 서비스 평균			4.5 (1)	3.3 (4)	3.4 (3)	3.7 (2)	2.7 (7)	2.8 (6)	3.2 (5)	3.35
		서비스 평균			4.4 (1)	3.3 (4)	3.3 (3)	3.7 (2)	2.8 (7)	2.9 (6)	3.0 (5)	3.35

기술 종합 순위는 서울, 인천, 부산, 대전, 울산, 광주, 대구인 것으로 분석되었다. 기술별로 보았을 때 IoT 기술, Cloud 기술, Bigdata 기술, AI 기술, 3D Printing 기술은 서울이 1위이고 Mobile 기술만 울산이 1위인 것으로 분석되었다. 기술지표는 서울이 대부분 1위로 분석되었고 인천이 대부분 2위로 분석되었다. 기술지표는 서비스 순위와는 다르게 비교적 고른 순위 분포를 보이는 것으로 분석되었다. 서비스 상위권인 인천도 Mobile, AI는 하위권으로 분석되었고, 중위권인 대전은 AI가 상위권으로 분석되었다. 울산은 중하위권이나

Mobile 지표는 1위로 분석되었다.

서울 등 7대 광역시 모두 IoT, Cloud, Bigdata 기술이 지역별 기술의 평균 분석 값 이상으로 분석되었다. 이는 IoT, Cloud, Bigdata 기술의 가중치가 가장 크기 때문으로 판단된다.

3. 인프라 분석결과

인프라 종합 순위는 서울, 대전, 부산, 인천, 울산, 대구, 광주 순으로 분석되었다. 인프라 별로 보았을 때, 고

표 8. 스마트시티 기술 평가결과

STIM	중분류	지표	분석값 (순위)							
			서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	평균
기술	IoT	IoT 기술 이용 사업체 수 (개)	5.5 (1)	3.9 (3)	3.4 (5)	4.2 (2)	3.4 (7)	3.4 (4)	3.4 (6)	3.90
	Cloud	클라우드 컴퓨팅 기술 이용 사업체 수 (개)	4.1 (1)	2.8 (3)	2.6 (4)	3 (2)	2.5 (7)	2.5 (5)	2.5 (6)	2.85
	Bigdata	빅데이터 기술 이용 사업체 수 (개)	3.3 (1)	2.1 (4)	2 (7)	2.5 (2)	2 (5)	2.2 (3)	2 (6)	2.30
	Mobile	이동통신 서비스 가입률 (%)	1.7 (2)	1.5 (6)	0.8 (7)	1.5 (5)	1.6 (4)	1.7 (3)	1.7 (1)	1.50
	AI	인공지능 기술 이용 사업체 수 (개)	2.2 (1)	1.4 (3)	1.4 (4)	1.4 (6)	1.4 (7)	1.4 (2)	1.4 (5)	1.50
	3D Printing	3D 프린팅 기술 이용 사업체 수 (개)	0.8 (1)	0.5 (5)	0.6 (2)	0.6 (3)	0.5 (4)	0.5 (7)	0.5 (6)	0.55
	기술 평균			2.9 (1)	2.0 (3)	1.8 (7)	2.2 (2)	1.9 (6)	1.9 (4)	1.9 (5)

표 9. 스마트시티 인프라 평가결과

STIM	중분류	소분류	지표	분석값 (순위)									
				서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	평균		
인프라	고정형 인프라	유선망	광대역 통합망 (BcN)	유선인터넷 서비스 가입률 (%)	0.7 (2)	0.5 (5)	0.5 (6)	0.5 (4)	0.4 (7)	0.6 (3)	0.7 (1)	0.55	
				IPTV 셋톱박스 보유율 (%)	0.7 (2)	0.5 (5)	0.6 (4)	0.7 (1)	0.5 (6)	0.4 (7)	0.6 (3)	0.55	
		무선망		WiFi	공공 WiFi 개수 (개)	0.8 (1)	0.6 (2)	0.5 (5)	0.6 (3)	0.5 (4)	0.5 (6)	0.4 (7)	0.55
				가시국	지역별 서비스별 이동통신 무선국 수 (개)	0.8 (1)	0.6 (2)	0.5 (4)	0.5 (3)	0.5 (5)	0.5 (6)	0.5 (7)	0.55
		센서		CCTV	교통정보 수집, 시설물 관리, 방범 방재 등 CCTV 개수	0.8 (1)	0.5 (5)	0.6 (2)	0.5 (3)	0.5 (4)	0.5 (6)	0.5 (7)	0.55
				컴퓨터	데스크탑 보유율 (%)	0.7 (2)	0.6 (3)	0.4 (6)	0.5 (5)	0.6 (4)	0.4 (7)	0.7 (1)	0.55
		지속가능 시설		자동차 충전소	전기차 충전소 개수 (개)	0.8 (1)	0.5 (3)	0.6 (2)	0.5 (5)	0.5 (4)	0.5 (6)	0.4 (7)	0.55
			신재생 에너지	신재생에너지 발전설비 총 용량 (kW)	0.5 (4)	0.6 (2)	0.5 (5)	0.7 (1)	0.6 (3)	0.4 (7)	0.4 (6)	0.55	
	고정형 인프라 평균				0.7 (1)	0.6 (3)	0.5 (5)	0.6 (2)	0.5 (6)	0.5 (7)	0.5 (4)	0.55	
	이동형 인프라		전기자동차	전기자동차 보급 대수	1.1 (1)	0.7 (5)	1 (2)	0.7 (6)	0.7 (4)	0.7 (3)	0.7 (7)	0.80	
			노트북	노트북 보유율 (%)	0.9 (3)	0.7 (6)	0.9 (2)	0.8 (4)	0.5 (7)	1 (1)	0.8 (5)	0.80	
			태블릿 PC	태블릿 PC 보유율 (%)	1 (1)	0.7 (5)	0.9 (2)	0.9 (4)	0.6 (7)	0.9 (3)	0.6 (6)	0.80	
			스마트폰	스마트폰 보유율 (%)	0.9 (2)	0.8 (4)	0.6 (7)	0.8 (3)	0.7 (6)	0.7 (5)	1.1 (1)	0.80	
			드론	드론 보유율 (%)	0.7 (4)	0.7 (5)	0.8 (2)	1.1 (1)	0.7 (5)	0.7 (5)	0.8 (3)	0.80	
		이동형 인프라 평균고				0.9 (1)	0.7 (6)	0.9 (3)	0.9 (2)	0.6 (7)	0.8 (4)	0.8 (5)	0.80
	지능형 인프라		IoT	IoT 기기 보유율 (%)	2.8 (4)	3.1 (2)	2.1 (6)	2.1 (6)	3.1 (2)	3.5 (1)	2.5 (5)	2.75	
			도시통합운영센터	통합운영센터 운영 여부 (O/X)	3.3 (1)	3.3 (1)	3.3 (1)	3.3 (1)	3.3 (1)	3.3 (1)	3.3 (1)	3.30	
		지능형 인프라 평균				3.0 (4)	3.2 (2)	2.7 (6)	2.7 (6)	3.2 (2)	3.4 (1)	2.9 (5)	3.03
		인프라 평균				1.09 (1)	0.96 (3)	0.92 (6)	0.95 (4)	0.92 (7)	0.97 (2)	0.93 (5)	0.96

정형 인프라와 이동형 인프라는 서울이 1위, 지능형 인프라는 대전이 1위인 것으로 분석되었다. 고정형 인프라가 7대 광역시 평균 이상인 지역은 서울, 부산, 인천인 것으로 분석되었다.

이동형 인프라가 7대 광역시 평균 이상인 지역은 서

울, 대구, 인천, 대전인 것으로 분석되었다. 지능형 인프라가 7대 광역시 평균 이상인 지역은 대구, 광주, 대전인 것으로 분석되었다. 지역별로 보았을 때, 서울 등 7대 광역시 모두 이동형 인프라의 값이 가장 큰 것으로 분석되었다.

표 10. 스마트시티 관리 평가결과

STIM	중분류	소분류	지표	분석값 (순위)								
				서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	평균	
관리	법/제도		스마트시티 조성 및 운영 관련조례 건수 (건)	4.73 (1)	4.21 (2)	3.18 (4)	3.70 (3)	3.18 (4)	3.18 (4)	2.67 (7)	3.55	
		공공 부문	스마트시티 조직역량	스마트시티 전담 공무원 수 (명)	0.44 (1)	0.30 (3)	0.29 (4)	0.29 (5)	0.28 (6)	0.37 (2)	0.27 (7)	0.32
				지자체 제공 APP 개수 (개)	0.44 (1)	0.36 (2)	0.28 (5)	0.27 (6)	0.33 (3)	0.27 (7)	0.29 (4)	0.32
				스마트도시 통합 플랫폼 운영 여부 (O/X)	0.38 (1)	0.38 (1)	0.38 (1)	0.38 (1)	0.38 (1)	0.38 (1)	0.38 (1)	0.38
		시민 의견 정책반영 의지	실시간 시민의견 제안 시스템 운영 여부 (O/X)	0.38 (1)	0.38 (1)	0.38 (1)	0.38 (1)	0.38 (1)	0.38 (1)	0.38 (1)	0.38 (1)	0.38
			리빙랩 운영 여부 (O/X)	0.38 (1)	0.38 (1)	0.38 (1)	0.38 (1)	0.38 (1)	0.38 (1)	0.38 (1)	0.38	
	공공 부문 평균				0.41 (1)	0.36 (2)	0.34 (5)	0.34 (6)	0.35 (4)	0.36 (3)	0.34 (7)	0.36
	민간 부문	전사적 업무 관리		전사적 통합관리 업무 처리(DSS, ERP 등) 사업체 수 (개)	0.28 (1)	0.19 (2)	0.19 (4)	0.17 (5)	0.19 (3)	0.16 (7)	0.17 (6)	0.19
			기업 간 협업		대외기관 간 협업업무(SCM, TPS) 처리 사업체 수 (개)	0.25 (1)	0.20 (3)	0.16 (7)	0.24 (2)	0.18 (4)	0.16 (6)	0.17 (5)
		서비스 및 인프라 공급 관리역량			IT 서비스업(정보통신업) 사업체수 (개)	0.28 (1)	0.18 (2)	0.18 (3)	0.18 (5)	0.18 (6)	0.18 (4)	0.18 (7)
				IT 서비스업(정보통신업) 종사자 수 (명)	0.28 (1)	0.18 (2)	0.18 (4)	0.18 (5)	0.18 (6)	0.18 (3)	0.18 (7)	0.19
				지식서비스업 사업체수 (개)	0.28 (1)	0.19 (2)	0.18 (3)	0.18 (4)	0.18 (5)	0.17 (6)	0.17 (7)	0.19
				지식서비스업 종사자 수 (명)	0.28 (1)	0.19 (2)	0.18 (4)	0.18 (3)	0.18 (6)	0.18 (5)	0.17 (7)	0.19
				IT제조업 사업체수 (개)	0.26 (1)	0.19 (4)	0.19 (3)	0.23 (2)	0.16 (6)	0.17 (5)	0.15 (7)	0.19
		IT제조업 종사자 수 (명)	0.23 (2)	0.19 (3)	0.18 (4)	0.26 (1)	0.17 (5)	0.16 (6)	0.15 (7)	0.19		
	민간 부문 평균				0.27 (1)	0.19 (3)	0.18 (4)	0.20 (2)	0.18 (5)	0.17 (6)	0.17 (7)	0.19
	관리 평균				0.64 (1)	0.54 (2)	0.45 (5)	0.50 (3)	0.45 (4)	0.45 (6)	0.41 (7)	0.49

4. 관리 분석결과

관리 종합 순위는 서울, 부산, 인천, 광주, 대구, 대전, 울산 순으로 분석되었다. 관리 별로 보았을 때, 법/제도 부문, 공공 부문, 민간 부문 모두 서울이 1위로 분석되었다. 법/제도 부문에서 7대 광역시 평균 이상인 지역은 서울, 부산, 인천인 것으로 분석되었다. 공공 부문에서 7대 광역시 평균 이상인 지역은 서울, 부산인 것으로 분석되었다. 민간 부문에서 7대 광역시 평균 이상인 지역은 서울, 부산, 인천으로 분석되었다. 모든 주요 도시가 시민 의견 정책 반영 의지가 있는 것으로 분석되었으며, 리빙랩을 운영중인 것으로 분석되었다.

5. 종합 분석결과

스마트시티 수준 종합 분석결과는 서울, 인천, 부산, 대구, 울산, 대전, 광주 순으로 분석되었다. 서비스가 평균 이상인 지역은 서울, 대구, 인천이며 기술이 평균 이상인 지역은 서울, 인천이다. 인프라가 평균 이상인 지역은 서울, 인천이며 관리가 평균 이상인 지역은 서울, 인천이다.

서울과 인천은 모든 지표에서 비교적 평균 이상의 수준으로 분석되었으며 광주, 대전, 울산은 비교적 평균 이하의 수준으로 분석되었다. 수도권인 서울과 인천이 상위권, 영남권인 부산, 대구, 울산은 중위권, 충남권의 대전과 호남권의 광주는 스마트시티 수준이 하위권인 것으로 분류되었다. 특히 상위권과 하위권의 격차가 큰 것으로 분석되어 이를 위한 대안이 필요하다.

표 11. 스마트시티 STIM 평가 종합결과

STIM	분석값 (순위)							평균
	서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	
서비스	25.08 (1)	18.56 (4)	19.21 (3)	21.53 (2)	15.71 (7)	16.70 (6)	17.60 (5)	19.20
기술	12.77 (1)	8.81 (3)	8.06 (7)	9.56 (2)	8.62 (5)	8.69 (4)	8.58 (6)	9.30
인프라	15.84 (1)	12.90 (5)	12.99 (3)	13.66 (2)	12.06 (7)	12.56 (6)	12.91 (4)	13.27
관리	11.27 (1)	8.83 (3)	8.23 (5)	8.86 (2)	8.24 (4)	8.10 (6)	7.80 (7)	8.76
평균	16.24 (1)	12.28 (3)	12.12 (4)	13.4 (2)	11.16 (7)	11.51 (6)	11.72 (5)	12.63

V. 결론

본 연구의 목적은 국내 주요 도시 스마트시티 수준을

분석하는 것이다. 스마트시티 수준 분석 평가지표 구축을 위해 먼저, 가장 진화된 스마트시티의 개념인 다층형 스마트시티 모델 이론을 고찰하였다. 이후 평가지표가 지녀야 할 요건을 정의하였으며, 요건의 정의에 따라 스마트시티 평가지표 사례와 선행연구를 고찰하였다. 선행연구의 한계점을 통해 본 연구의 차별성을 제시하였다. 스마트시티 개념, 사례, 빅데이터 분석을 통해 구축된 평가지표 POOL은 공공데이터 취득 가능성을 기준으로 최종 평가지표가 선정되었다. 평가지표는 전문가 AHP 설문을 수행하여 가중치가 분석되었다. 이후 지표별 데이터를 T 스코어로 변환하고 가중치를 적용하여 주요 도시 스마트시티 수준을 분석하였다.

스마트시티 수준 분석결과는 다음과 같다. 첫째, 서비스 종합 순위는 서울, 인천, 대구, 부산, 울산, 대전, 광주 순으로 분석되었다. 둘째, 기술 종합 순위는 서울, 인천, 부산, 대전, 울산, 광주, 대구인 것으로 분석되었다. 셋째, 인프라 종합 순위는 서울, 대전, 부산, 인천, 울산, 대구, 광주 순으로 분석되었다. 넷째, 관리 종합 순위는 서울, 부산, 인천, 광주, 대구, 대전, 울산 순으로 분석되었다. 다섯째, STIM 종합 분석결과는 서울 1위, 인천 2위, 부산 3위, 대구 4위, 울산 5위, 대전 6위, 광주 7위로 분석되었다.

수도권인 서울과 인천은 모든 지표에서 상위권이고 영남권인 부산, 대구, 울산이 중위권으로 분석되었다. 충남권인 대전과 호남권인 광주는 모든 지표에서 하위권으로 분석되었다. 특히 상위권인 수도권과 하위권인 충남권, 호남권은 스마트시티 수준 차이가 큰 것으로 분석되었다. 우리나라 국토 종합 개발의 개발 방식이 거점 개발 방식, 광역 개발 방식, 균형 개발 방식 순으로 진행되었다[37-40]. 거점 개발 방식은 경부 축 중심으로 진행되었으며 특히, 수도권 중심으로 개발되었다. 이 당시에 수도권과 경부 축에 해당하는 지역은 산업 기반의 구축, 교통·통신망 등 도시 인프라가 확충되었다. 이후 국토 종합 개발이 광역개발, 균형개발 중심으로 추진되었다고 하나 수도권은 구축된 산업 기반과 확충된 인프라를 바탕으로 지역 발전 계획을 추진하였기에 도시 간 개발 격차의 차이가 있다고 사료된다.

주요 도시별로 스마트시티 서비스, 기술, 인프라, 관리 각각 특화된 부문이 있지만, 하위권인 도시는 전반

적으로 스마트시티 수준 개선 전략이 필요하다. 또한, 주요 도시별로 4차 산업혁명 핵심 기술을 특화하여 기술, 서비스 등의 차별을 둔 스마트시티의 균형발전 전략이 필요하다.

연구의 한계는 다음과 같다. 첫째, 지표의 수와 다양성이 부족하다. 둘째, 스마트시티 개념에 의한 지표는 필수적인 지표지만 일부만 제시되었다. 또한, 정성적인 지표는 제시되지 않았다. 셋째, 본 연구에서 제시된 지표는 주요 도시의 상대적인 수준만 비교할 수 있으며, 시/도 단위에만 적용할 수 있다. 넷째, 공공데이터 취득 가능성의 기준이 국내 실정에 제한되어 외국 스마트시티 평가 시 지표 적용에 어려움이 있다.

향후 연구과제로는 취득 가능한 지표를 지속적으로 추가하고 정성적인 지표를 추가하여 평가지표를 더욱 풍부하게 구성하는 것이다. 또한, 스마트시티의 성숙 단계를 정의하여 국내 모든 도시의 스마트시티 성숙 단계를 분석하는 것이다.

* 본 논문은 조성운의 석사학위 논문을 수정 보완한 것임.

참 고 문 헌

[1] 이재용, 김성수, 김은란, 박종순, 이미영, 이성원, *스마트도시 성숙도 및 잠재력 진단모형 개발과 적용방안 연구*, 국토연구원, 2016.

[2] 장환영, 임용민, 이재용, "U-City 고도화를 위한 수준 진단체계 개발방향에 관한 연구," *대한공간정보학회지*, 제23권, 제2호, pp.49-58, 2015.

[3] 국토교통부, *제3차 스마트도시 종합계획 2019~2023*, 2019.

[4] 최봉문, "스마트'용어의 적용사례 분석을 통한'스마트 시티'의 개념정립을 위한 연구," *한국콘텐츠학회논문지*, 제11권, 제12호, pp.943-949, 2011.

[5] 이상호, 임윤택, "유시티와 스마트시티 비교를 통한 유시티 해외진출 전략," *국토계획*, 제49권, 제4호, pp.243-252, 2014.

[6] 국토해양부, *총괄 2과제 U-City 미래비전과 중장기전략 1차, 2차, 3차년도 보고서*, 2009.

[7] 이상호, 임윤택, 문태현, 이정훈, 김의준, 손정렬, 송복섭, 진경일, 김민경, 변환희, "U-City 미래비전과 중장

기전략," *도시정보*, 제323호, pp.3-15, 2009.

[8] 신동빈, 왕광익, 정윤희, 이진희, *U-City 시대의 도시 공간 변화 및 도시계획 방향에 관한 연구*, 국토연구원, 2011

[9] 이상호, 임윤택, "유시티 계획 특성 분석," *국토계획*, 제43권, 제5호, pp.179-189, 2008.

[10] 한주형, 이상호, "환경기술과 정보기술 관점에서 바라본 세계 스마트시티의 형태적 진화," *한국산학기술학회 논문지*, 제20권, 제6호, pp.201-209, 2019.

[11] 조성수, 이상호, 임윤택, "유시티 진화 지도를 통한 유시티 진화 특성 분석," *한국지리정보학회지*, 제18권, 제2호, pp.75-91, 2015.

[12] 조성수, 이상호, "스마트시티 산업의 융합변화 분석," *지역연구*, 제34권, 제4호, pp.61-74, 2018.

[13] 유성민, "ICBM 산업육성 방안 및 기술도입 전략," *한국정보기술학회지*, 제12권, 제2호, pp.9-16, 2014.

[14] 김승래, "4 차 산업혁명과 AI 시대의 법적 과제와 전망," *법학연구*, 제18권, 제2호, pp.21-57, 2018.

[15] 김희열, "블록체인 플랫폼의 보안 위협과 대응 방안 분석," *한국정보기술학회논문지*, 제16권, 제5호, pp.103-112, 2018.

[16] 이성길, 황귀현, "스마트도시 통합운영센터와 센터 운영 시스템인 통합플랫폼의 기능 및 요건 연구," *한국통신학회지 (정보와통신)*, 제34권, 제9호, pp.9-12, 2017.

[17] 이상호, 임윤택, "스마트시티 거버넌스 특성 분석," *한국지리정보학회지*, 제19권, 제2호, pp.86-97, 2016.

[18] 조택, "공공기관의 경영평가지표 개편안에 관한 연구," *한국거버넌스학회보*, 제14권, 제3호, pp.285-314, 2007.

[19] 김주진, 송영현, "재건축부담금의 배분을 위한 평가 지표별 가중치 분석 연구," *도시행정학보*, 제23권, 제4호, pp.323-344, 2010.

[20] 정규석, "핵심성과지표 개발 방법 비교연구," *J Korean Soc Qual Manag*, 제46권, 제4호, pp.863-876, 2018.

[21] 김유미, 구자훈, "디지털 사회혁신관점의 스마트도시 평가지표 설정에 관한 연구," *한국콘텐츠학회논문지*, 제19권, 제10호, pp.511-521, 2019.

[22] 신우재, *스마트도시 인덱스 지표 개발에 관한 연구*, 성균관대학교 일반대학원, 박사학위논문, 2020.

[23] KPKT, *Malaysia Smart City Framework*, 2018.

[24] UNECE, United for Smart Sustainable Cities: Collection Methodology for Key Performance Indicators for Smart Sustainable Cities, 2017.

[25] ISO 37122, Sustainable cities and communities — Indicators for smart cities, 2019.

[26] FG-SSC, I. T. U. T., *Shaping Smarter and more Sustainable Cities: Striving for Sustainable Development Goals*, International Telecommunication Union (ITU-T), Focus Group on Smart Sustainable Cities (FG-SSC), United Nations, 2016.

[27] 한국건설기술연구원, “스마트시티 인사이트 평가지표 개발 및 적용 : 국내 161개 지자체를 대상으로,” 대한국토도시계획학회 2020 춘계산학술대회(온라인 학술대회), 2020. 미간행

[28] 이면성, 임춘성, “스마트시티 실증 서비스 성과평가에 관한 연구,” 한국통신학회논문지, 제44권, 제10호, pp.1992-2002, 2019.

[29] R. Giffinger, C. Fertner, H. Kramar, and E. Meijers, “City-ranking of European medium-sized cities,” Cent. Reg. Sci. Vienna UT, pp.1-12, 2007.

[30] Easy Park Group, “Smart city index 2019,” 2019. <https://www.easyparkgroup.com/smart-cities-index/>, 2020.05.19.

[31] EDICI, European Digital City Index 2016, Available From : <https://digitalcityindex.eu/about-edici>, 2020.05.19.

[32] SHARIFI Ayyoob, “A typology of smart city assessment tools and indicator sets,” Sustainable Cities and Society, Vol.53, p.101936, 2020.

[33] 노용환, 김정연, 김원중, “컴퓨터와 인터넷 채택 및 이용의 결정요인 분석: 고령화와 정보격차에 대한 시사점,” e-비즈니스연구, 제10권, 제4호, pp.319-350, 2009.

[34] 정원조, 유일한, 김경래, 신동우, “건설기업의 규모에 따른 경영성과 측정을 위한 성과지표 가중치 분석,” 대한건축학회 논문집-구조계, 제21권, 제8호, pp.121-128, 2005.

[35] 고길곤, 하혜영, “정책학 연구에서 AHP 분석기법의

적용과 활용,” 한국정책학회보, 제17권, 제1호, pp.287-313, 2008.

[36] S. K. Kachigan, *Statistical analysis: An interdisciplinary introduction to univariate & multivariate methods*, Radius Press, 1986.

[37] 대한민국정부, *국토종합개발계획: 1972~1981*, 1971.

[38] 대한민국정부, *제2차 국토종합개발계획: 1982~1991*, 1982.

[39] 대한민국정부, *제3차 국토종합개발계획: 1992~2001*, 1992.

[40] 대한민국정부, *제4차 국토종합계획 수정계획: 2011~2020*, 2011.

저 자 소 개

조 성 운(Sung Woon Jo)

준회원



- 2018년 8월 : 한밭대학교 도시공학과(공학사)
- 2020년 8월 : 한밭대학교 도시공학과(공학석사)
- 2020년 5월 ~ 현재 : 한국수자원공사 연구원

<관심분야> : 스마트시티, 스마트시티 지표, 빅데이터, GIS

이 상 호(Sang Ho Lee)

정회원



- 1993년 2월 : 연세대학교 도시공학과(공학박사)
- 1993년 ~ 1995년 : 삼성경제연구소 선임연구원
- 1995년 2월 ~ 현재 : 한밭대학교 도시공학과 교수

<관심분야> : 스마트시티, 스마트시티 지표, 계량도시계획, 빅데이터

조 성 수(Sung Su Jo)

정회원



- 2012년 2월 : 한밭대학교 도시공학과(공학사)
- 2014년 2월 : 한밭대학교 대학원 도시공학과(공학석사)
- 2018년 3월 ~ 현재 : 한밭대학교 대학원 도시공학과 박사과정

〈관심분야〉 : 스마트시티, 스마트시티 산업, 계량도시계획, 빅데이터

임 윤 택(YounTaik Leem)

정회원



- 1993년 8월 : 연세대학교 도시공학과(공학석사)
- 2002년 8월 : 연세대학교 도시공학과(공학박사)
- 2004년 2월 ~ 현재 : 한밭대학교 도시공학과 교수

〈관심분야〉 : 스마트시티, 입지이론, GIS