

스마트시티 인덱스 프레임워크 연구

- 국내 공공기관 개발 인덱스의 통합 및 연계 가능성을 바탕으로 -

The Approach into Framework for Smart City Indexes

- Based on the Possibility of Integration and Linkage of Domestic Public Institution Indexes -

김 주 만* 이 강 은** 서 명 원*** 신 중 호**** 김 도 년*****
Kim, Juman Yi, Kang Eun Seo, Myeongwon Shin, Jung Ho Kim, Donyun

Abstract

Many cities around the world are adopting smart city as a new urban model. In this context, smart city indexes are becoming more important for assessing and evaluating smart cities. A number of smart city indexes were developed in Korea in the past few years, by different entities for different purposes and with no relation to each other. From a user's perspective, this led to difficulty in understanding smart city indexes and also reduced the usefulness and effectiveness of various indexes. The purpose of this study is to analyze the smart city indexes currently being developed in Korea, and present a comprehensive framework that can integrate and link these smart city indexes. First, we define 'result-centric' and 'process-centric' evaluation structures for smart city indexes based on literature research. Second, the features and structures of smart city indexes under development were analyzed to develop a comprehensive framework for all smart city indexes, with focus on the indexes from the Ministry of Land, Infrastructure and Transport. Third, the concept of smart city index framework is presented, in which various smart city indexes can be organized and utilized. This framework is expected to provide better understanding of different smart city indexes in Korea, and enable better usage and communication among different users of these indexes to address various economic, environmental, social, and other urban issues.

키워드 : 스마트시티, 인덱스, 프레임워크, 통합, 연계

Keywords : Smart City, Index, Framework, Integration, linkage

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

기후변화 등 전 지구적인 문제에 당면하여, 스마트시티는 그 대안 중 하나로 여겨지고 있다(Lee & Han, 2019, 3p). 이미 유럽 등 선진국은 노후화와 기후변화에 대응하는 지속가능 모델을 추구하며, 스마트시티를 활용하고 있다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2019). 전

세계적으로 153개의 도시가 공식적인 스마트시티 전략을 수립하였으며(Roland Berger, 2019), 286개 도시에서 교통, 에너지, 환경, 물, 건물 및 행정, 교육 등 다양한 분야의 443개 스마트시티 선도프로젝트가 추진 중인 것으로 조사되었다(Navigant Research, 2019).

한국 정부도 스마트시티를 도시문제의 해법 중 하나일 뿐만 아니라, 일자리 창출도 가능한 새로운 경제 성장 동력으로 인식하여 적극적인 국가 정책 수립 및 사업을 추진해오고 있다. 2016년 9대 국가전략 프로젝트 중 하나로 스마트시티가 선정되었고, U-City 정책은 세계적 흐름에 발맞추어 2017년에 스마트도시 정책으로 개편되었다. 2019년 제3차 스마트도시 종합계획이 국토교통부에 의해서 수립되었고, 이러한 정책에 따라 스마트시티 국가사업으로 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트(2018~2022), 스마트시티 국가시범도시 조성(세종 : 2017~2021, 부산 : 2019~2023), 스마트 챌린지 사업(2019년부터 매년 시행 중) 등 국가 주도의 다양한 스마트시티 사업이 활발히 추진되고 있다. 또한, 창원(2019), 인천(2020), 대구(2021) 등 지자체 스마트도시계획도 수립되면서 스마트시티 사업이 전국적으로 추진 중임을 알 수 있다.

현시점에서, 스마트시티 인덱스는 도시 평가와 프로젝트

* 성균관대 미래도시융합공학과 글로벌스마트시티 융합전공 석사과정

** 성균관대 건축학과 글로벌스마트시티 융합전공 석사과정

*** 성균관대 건축학과 글로벌스마트시티 융합전공 박사과정

**** 성균관대 미래도시융합공학과 박사과정

***** 성균관대 건축학과·미래도시융합공학과 정교수

(Corresponding author : Dept. of Architecture·Convergence Engineering for Future City Sungkyunkwan University, dnkim@skku.edu)

본 연구는 국토교통부·국토교통과학기술진흥원의 지원(과제번호: 21DEAP-B158906-02)을 받아 수행된 연구입니다.

이 논문은 국토교통부의 스마트시티 혁신인재육성사업으로 지원되었습니다.

트 모니터링에 유용한 도구로써, 정부가 추진하는 R&D의 중요한 분야 중 하나로 인식이 되고 있으며(Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement, 2017), 이뿐만 아니라, 도시의 스마트시티 수준 및 스마트시티 서비스를 평가하는 인증제 도입도 추진되고 있다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2019). 이에 따라, 국내에서 다양한 스마트시티 인덱스 개발을 중앙행정기관에서 주도하고 있으나, 여러 공공기관에서 개별적으로 개발하고 있어, 통합 및 연계가 이루어지지 않고 있다. 이는 사용자 관점에서 인덱스 활용에 어려움이 있으며, 참여자 간의 의사소통 효과를 떨어뜨리게 된다. 따라서, 개발되고 있는 인덱스의 구조 및 특징에 대한 논의와 개별 인덱스를 효과적으로 활용하기 위해 이들을 통합 및 연계하는 프레임워크 논의가 필요하다.

따라서 본 연구는 현재 국내 공공기관에서 개발하고 있는 도시 내 스마트시티 도입 수준을 평가하는 인덱스, 개별 서비스 및 기술을 평가하는 인덱스, 스마트시티의 성과를 평가하는 인덱스 등 스마트시티 관련 다양한 인덱스의 구조와 특징을 분석하고, 이를 바탕으로 각각의 인덱스를 통합 및 연계할 수 있는 프레임워크를 제시하는 데 목적이 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 크게 두 단계에 거쳐서 분석을 진행하였다. 첫 번째는 국내외 여러 스마트시티 인덱스를 분석하였고, 두 번째는 국내 공공기관에서 개발하는 인덱스를 분석하였다. 첫 번째 분석을 위한 대상의 범위는 2017년 이후에 발표된 국제기구의 인덱스와 국내 선행학술연구에서 발표된 인덱스로 구분하여 분석하였다. 두 번째 분석을 위한 대상의 범위는 국내 인덱스 중 중앙행정기관 주도로 법에 근거하여 공공기관에서 개발하고 있는 인덱스로 한정하였다.

연구는 다음과 같이 진행되었다. 첫째, 국내외의 스마트시티 관련 인덱스를 조사하고 분석하여 평가 대상과 평가 목적에 따른 스마트시티 인덱스의 구조 및 특징을 도출하였다. 둘째, 중앙행정기관 주도로 개발되고 있는 공공기관 스마트시티 관련 인덱스를 평가 대상, 목적, 지표 체계 등을 분석하여 통합 및 연계 가능성을 검토하였다. 마지막으로 국내 공공기관 스마트시티 인덱스의 지표 체계를 통합 및 연계하는 구조와 프로세스를 바탕으로 한 프레임워크를 제시하였다(Figure 1).

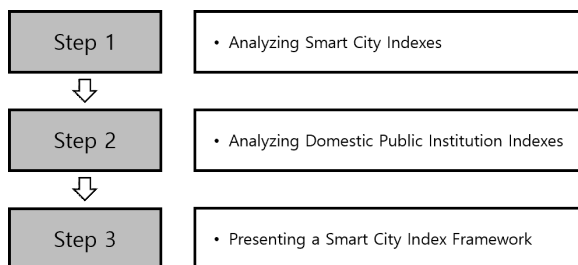


Figure 1. Research flow (1)

1.3 용어 개념의 이해

(1) 스마트시티

스마트시티의 정의는 전 세계적으로 연구자의 성향에 따라 수백 가지가 넘게 제시되고 있다¹⁾. 본 항에서는 국내법상의 정의와 기업에서 내린 정의, 국제기구에서 내린 정의를 살펴보고, 추가로 스마트시티 운영 모델로서의 특징을 조사하였다.

국내 스마트시티의 정의부터 살펴보면 스마트시티는 「스마트도시 조성 및 산업진흥 등에 관한 법률」 제2조 1항에서 “도시의 경쟁력과 삶의 질의 향상을 위하여 건설·정보통신기술 등을 융·복합하여 건설된 도시기반시설을 바탕으로 다양한 도시서비스를 제공하는 지속가능한 도시”로 정의하고 있다(Act on the promotion of smart city development and industry, 2021). 이는 과거 U-City법에서의 U-City 정의인 “도시의 경쟁력과 삶의 질의 향상을 위하여 유비쿼터스도시기술을 활용하여 건설된 유비쿼터스 도시기반시설 등을 통하여 언제 어디서나 유비쿼터스 도시서비스를 제공하는 도시”와 거의 유사하다(Lee & Han, 2017, p. 98). 이처럼 우리나라의 스마트시티 정의는 과거 U-City 정의에 기반을 두고 있음을 알 수 있다. Shin et al.(2015)은 U-City가 정부 주도로 인프라 구축을 중심으로 추진되는 것과 달리, 스마트시티는 기업의 주도로 도시민의 생활과 관련된 서비스 개발에 초점을 맞추고 있다고 하였다. 따라서, 스마트시티 서비스를 개발하는 기업에서 내린 스마트시티 정의도 살펴보고자 한다.

기업에서 내린 스마트시티의 정의를 조사하기 위해, 국제 ICT 전문 기업으로 알려진 Cisco의 문헌을 조사하였다. Cisco는 스마트시티를 “효율성 향상, 비용 절감, 삶의 질 향상을 위해 정보통신기술(ICT)을 활용하는 확장 가능한 솔루션을 적용한 도시”라고 정의하였다(Cisco, 2012, p. 2). 이는 Cisco의 기술력을 스마트시티라는 이름으로 판매하기 위해 디지털 기술에 다소 치우친 정의라고 할 수 있으며, 다른 측면에서의 정의도 살펴볼 필요가 있다. 국제표준화기구(ISO)는 스마트시티를 “사회, 경제, 환경적 지속가능성 결과를 제공하는 속도를 증가시키는 도시”라고 정의하였으며, 이를 위해 시민참여, 분야 간 협업, 데이터 정보 및 기술을 사용하여 더 나은 서비스를 제공함으로써 기후변화, 급속한 인구 증가, 정치 및 경제적 불안정과 같은 과제에 대응해야 한다고 보았다(ISO, 2017, pp. 8-9). ISO에서 내린 스마트시티 정의는 Cisco보다 범지구적인 의제라고 볼 수 있는 기후변화, 사회 문제, 경제적인 문제 해결에 좀 더 비중을 두고 있음을 알 수 있다.

본 연구는 스마트시티를 평가하는 인덱스에 관한 연구로서 스마트시티에 대한 정의와 더불어 스마트시티 조성을 위한 관리적 측면의 특징을 알아볼 필요가 있다. 이를

1) 일례로, 국제표준기구인 ITU(International Telecommunication Union)의 2014년 조사 결과에 따르면 세계적으로 스마트시티에 대한 정의가 116개에 달하는 것으로 나타나고 있다(ITU-T, 2014).

위해 스마트시티의 운영 모델 구축을 위한 국제표준을 조사하였다. 지속가능한 도시와 커뮤니티를 위한 국제표준 인증인 ISO 37106 설명 자료에 따르면, “스마트한 도시라면 이러한 수직적 사일로²⁾ 전반에 걸쳐, 혁신과 협업을 추진하는 새로운 운영 모델을 개발할 필요가 있다”라고 하였다(BSI, 2019, p. 3; Figure 2). 전통적 도시 운영방식에서 스마트시티 운영 모델로 전환해야 한다고 보았고, 이는 단순히 도시에 스마트시티 인프라만 도입한다고 스마트시티의 목적인 지속가능한 개발과 삶의 질 향상에 도달하는 데 한계가 있을 수 있음을 시사한다. 도시의 전통적 운영방식은 사일로화, 비효율적, 비연합적, 생산자 중심이라면, 스마트시티 운영 모델은 시민 중심, 디지털, 개방적, 협업적, 민첩성이 기반이 된다는 것이다(BSI, 2019).

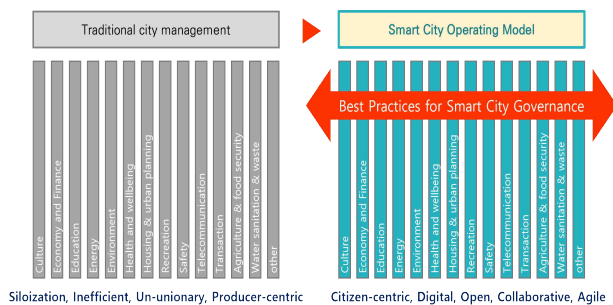


Figure 2. Smart city operation model (Source : BSI)

정리하면 스마트시티는 지속가능성 및 삶의 질 향상 등 장기적 목적이 있으며, 이를 효과적으로 달성하기 위한 수단이자 방법으로써 스마트시티를 제시하고 있음을 알 수 있다. 그리고 스마트시티는 인프라 도입, 기술의 적용뿐만 아니라 운영에 있어서 분야 간 통합 및 연계가 중요하다는 것도 알 수 있다. 그러나 여러 기관에서 스마트시티를 도시문제 해결을 위한 방법론으로써 제시하고 있지만, 스마트시티 개념만으로는 스마트시티를 조성하기 어렵다. 그러므로 스마트시티를 효과적으로 조성하기 위해서 구체적인 목표치 설정 또는 조성 가이드라인이 필요하다. 이러한 측면에서 진단, 인증 및 평가 등의 기준으로 두루 활용되는 인덱스를 알아볼 필요가 있다.

(2) 인덱스

스마트시티를 평가하는 수단으로 스마트시티 인덱스가 국내외 여러 기관에서 활발하게 개발이 이루어지고 있다³⁾. 스마트시티 인덱스를 이해하기 위해 먼저 인덱스가 무엇인지 조사하였다.

스마트시티 인덱스를 연구한 Shin(2020)은 인덱스(index,

지수)를 “어떠한 목표 실현과 목적 달성을 위해 현재 상황을 진단하고자 활용하는 것으로, 정량 및 정성적 진단 기준을 가진 지표로 구성된 진단 방안”이라고 정의한 바 있다(Shin, 2020, p. 18). 또한, 산업계 기후변화 경쟁력지수를 개발하고 적용 연구를 수행한 Choi(2011)는 인덱스의 수학적 개념을 “특정 속성을 정량적으로 평가하고 그 값을 실수 직선에 맵핑(mapping)하는 것”으로, 인덱스(지수)는 둘 이상의 지표를 집계 혹은 가중치를 부여하여 산출된 지표(aggreated or weighted indicator)”라고 하였고(Choi, 2011, p. 10), “가장 넓은 의미에서 인덱스는 ‘숫자’로 표현된 (복합) 지표의 수준을 의미하며, 인덱스 자체도 지표의 속성을 가지고 있으므로 ‘지표(indicator)’로 부를 수 있다. 그러나 둘 이상의 지표에 기초하여 산출된다는 차별성을 명확하게 하려고 ‘인덱스(지수)’라는 별도의 명칭을 사용”한다고 하였다(Choi, 2011, p. 10).

구체적인 인덱스의 세부 구성 형식을 보기 위해 잘 알려진 인덱스인 Environmental Performance Index(EPI, 환경성과지수)의 지표 체계를 조사하였다. 국가의 환경 성과를 평가하는 EPI는 미국 예일대학 및 콜롬비아 대학 연구팀에서 약 2년 간격으로 보고서를 발행하고 있으며, 180개의 나라를 평가하여 순위를 매기고 있다. EPI의 지표 체계는 환경보건(environmental health)과 생태계 활력(ecosystem vitality)이라는 두 개의 대분류와 11개의 중분류로 나누어져 있으며, 총 32개의 지표로 구성되어 있다(Wendling et al., 2021; Table 1).

Table 1. EPI Indicators

Category	Sub Category	Indicator
Environmental health (40%)	Air quality (20%)	PM2.5 exposure (11%), Household solid fuels (8%), Ozone (1%)
	Sanitation & Drinking water (16%)	Sanitation (6.4%), Drinking water (9.6%)
	Heavy metals (2%)	Lead (2%)
	Waste Management (2%)	Solid waste (2%)
Ecosystem Vitality (60%)	Biodiversity & Habitat (15%)	BHI (1.5%), SHI (1.5%), PARI (1.5%), SPI (1.5%), Global Biome protect (3%), Nat'l Biome protect (3%), Marine protect (3%)
	Ecosystem services (6%)	Wetlands (0.3%), Tree cover (5.4%), Grasslands (0.3%)
	Fisheries (6%)	Stock status (2.1%), MTI (2.1%), Trawling (1.8%)
	Water resources (3%)	Wastewater (3%)
	Climate change (24%)	Black C (1.2%), CH4 (3.6%), N2O (1.2%), GHG/pop (0.6%), CO2 (13.2%), GHG Int. (1.2%), F-Gas (2.4%), Land cover (0.6%)
	Pollution emissions (3%)	SO2 (1.5%), NOx (1.5%)
	Agriculture (3%)	SNMI (3%)

2) 사일로(Silo)는 큰 탑 모양의 곡식 저장고를 일컫는 말이나, 최근 들어 ‘회사 안에 성이나 담을 쌓고 외부와 소통하지 않는 부서’를 가리킬 때도 사용한다(Kim, 2013).

3) Lee(2021)는 국내외 스마트시티 인덱스 개발 동향으로 최근 3년간 지속적으로 발표된 7개의 인덱스를 조사하였고, Shin(2020)은 국내외 스마트시티 인덱스 7개를 분석한 바 있다.

종합하면 인덱스는 특정 대상을 평가하기 위해 둘 이상의 지표 묶음으로 구성되며, 지표를 통해 점수를 산출하고, 집계하고 가중치를 부여하여 대상의 현 상태를 종합적인 수치로 나타내는 것이다. 따라서 스마트시티 인덱스는 스마트시티 조성 또는 스마트시티의 목표 실현을 위해 스마트시티 도입 수준, 스마트시티 서비스 성능, 스마트시티 구축 효과 등을 평가하는 둘 이상의 지표로 구성된 지표 체계를 이해할 수 있다. 국내 스마트시티 인덱스는 서로 다른 기관에서 독자적으로 개발되고 있고, 현재까지 이들의 관계성이 정립되지 않은 상태이다. 스마트시티의 효과적인 운영 및 관리를 위해서 서로 다른 구조와 특징을 가진 개별 인덱스의 통합 및 연계가 필요하며, 이를 위한 작업으로써 프레임워크가 무엇인지 알아볼 필요가 있다.

(3) 프레임워크

프레임워크(Framework)는 토목용어사전의 사전적 정의에 따르면, “배경, 문제, 목적을 바탕으로 한 계획의 기본 이미지를 작성하여 목표, 수단을 생각하고, 개략적인 계획을 세우는 작업”이라는 뜻을 가진다(Committee on the Compilation of Terminology Related to Civil Engineering, 1997). 아울러 뼈대와 골격이라는 의미도 가지기 때문에 프레임워크라는 단어의 의미를 종합적으로 재해석하여 “어떠한 목적을 가지고 무엇을 만들기 위한 틀의 행위”로 해석할 수도 있다(Kim & Kim, 2012, p. 82). 프레임워크는 과업을 효과적으로 설명하고 협업을 끌어내기 위해 이미지를 작성하여 계획을 세우는 작업 외에도, IT(Information Technology) 분야에서도 이 용어가 사용된다. 두산백과에 따르면, 컴퓨터 프로그래밍에서 프레임워크는 “구조적으로 고정된 부분을 재사용할 수 있도록 하고, 응용별 특정 기능을 추가적인 사용자 작성 코드에 의해 선택적으로 구현 가능하도록 하는 포괄적인 추상 구조, 그리고 이를 지원하는 소프트웨어 플랫폼”이라고 하였다. 또한, “프로그래머들이 어플리케이션에 세부적인 사항을 제외한 공통 부분들의 개발에 드는 시간을 줄이고 세부 요구사항 구현에 집중할 수 있도록 하는 것을 목표”로 한다고 하였다.

도시에서 프레임워크는 도시 이론을 도식화하여 표현하는데, 그 예 중 하나가 도시 메타볼리즘⁴⁾ 프레임워크가 있다. Ferrao, Fernandez(2013)는 도시의 에너지-물질의 흐름에 경제사회적인 영역까지 확장하여 경제·사회·환경적 요소를 포함하는 도시 메타볼리즘 프레임워크를 구축한 바가 있다. Ban, Baek, & Kim(2018)은 Ferrao의 연구를 보완하고, 도시 메타볼리즘 이론을 발전시켜 지속가능한 도시 메타볼리즘 패러다임을 개발하였다. 또한, 도시 순환계의 고리가 깨지면 도시 안전 문제가 발생한다고 보고, 도시의 안전성을 평가하기 위해 지속가능한 도시 메타볼

리즘과 도시 안전 문제와의 상호 인과관계를 고려한 프레임워크를 제시하였다(Figure 3).

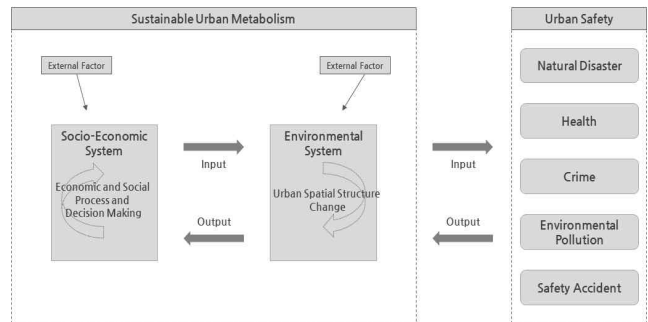


Figure 3. Framework to assess urban safety using sustainable urban metabolism (Source : Ban, Baek, & Kim)

Ban, Baek, & Kim(2018)의 연구에서 제시된 도시의 프레임워크는 이를 실현하기 위한 인덱스 개발로 이어지고 있다. 이는 프레임워크를 통해 눈에 보이지 않는 광범위한 도시 개념을 모델링하고 평가할 수 있는 일반화된 원칙을 세울 수 있기 때문이다. 잘 시각화된 프레임워크는 다자간의 이해와 소통을 높일 수 있으며, 인덱스를 개발할 때 기본 개념 및 원칙으로써 활용된다. 이로써 스마트시티와 같은 개념적인 단어를 이해하고, 이를 평가하는 인덱스를 개발하고자 할 때, 프레임워크 개발의 필요성이 도출된다.

따라서, 본 논문에서 수행하고자 하는 스마트시티 인덱스 프레임워크 연구는 스마트시티 인덱스들을 효과적으로 이해하고 활용하기 위해 국내 공공기관에서 개발하고 있는 여러 스마트시티 인덱스들의 관계를 설정하고, 체계를 세우는 연구라고 할 수 있다.

2. 국내외 스마트시티 관련 인덱스 분석

2.1 국제기구에서 개발된 스마트시티 인덱스 사례 분석

본 장에서는 평가 대상과 개발 목적에 따른 스마트시티 인덱스의 구조와 특징을 도출하기 위해 현재 개발되어 있는 인덱스의 개발 목적, 평가 대상, 지표 체계를 분석하였다. 스마트시티 인덱스는 국내외 다양한 기관에서 개발하고 있고, 본 절에서 국제기구에서 개발한 인덱스를, 다음 절에서는 국내에서 개발한 인덱스를 분석하였다. 본 절에서 분석할 국제기구에서 개발하는 인덱스는 2017년 이후에 발표되었으며, 현재 자료 취득이 가능하고, 지표가 공개되어 있는 인덱스 사례를 선정하였다.

먼저 유럽연합 집행위원회(Europe Commission)에 의해 조직된 다국적 연구기관인 CITYkeys는 도시의 계속되는 성장 및 고밀화와 EU의 에너지 목표 등 거시적인 문제를 해결하는 방법으로 스마트시티를 주목했다. 2015년부터 2017년까지 24개월의 연구를 통해 작성한 인덱스 개발 보고서에 따르면, 통합된 성과측정 프레임워크를 통해 프로젝트 또는 도시의 이해관계자들이 서로 배우고, 솔루션에 대한 신뢰를 형성하고, 진행 상황을 모니터링할 수 있

4) 도시 메타볼리즘이란 도시를 체계 이론적으로 이해하려는 관점에서 “도시를 생물의 신진대사 과정과 마찬가지로 외부로부터 자원과 에너지의 흡수를 통해 자신의 활력을 유지하고 외부로 폐기물을 배출”하는 것을 말한다(Yeom, 2002, p. 53).

도록 촉진 및 활성화하는 것을 목표로 하고 있다. 지표는 성과 지향적이며, 지표 체계의 중요한 특징은 프로젝트의 성과를 평가하는 지표와 도시 전체의 스마트시티 목표 도달 성과를 평가하는 지표로 구분된다는 것이고, 프로젝트 지표와 도시 지표를 어떻게 연결할 수 있는지는 과제로 남아있다고 하였다. 구체적으로 지표의 유형을 5가지(input, process, output, outcome, impact)로 분류하였고, 사람(people), 지구(Planet), 번영(Prosperity), 거버넌스(Governance), 전파(Propagation, project indicators only)의 대분류에 따라 프로젝트 지표 101개, 도시 지표 76개로 구성되어있다(CITYkeys, 2017).

국제표준기구인 ISO는 지속가능한 커뮤니티 개발을 위한 도시서비스 및 삶의 질과 관련된 지표인 국제표준 ISO 37120을 제정하였고, 이를 보완하고, 도시의 사회적, 경제적, 환경적 지속가능성의 개선 속도를 획기적으로 높이기 위해 2019년 스마트시티 표준 지표인 ISO 37122를 개발하였다. ISO 37122는 도시를 대상으로 평가하며, 19개의 대분류인 ‘경제’, ‘교육’, ‘에너지’, ‘환경 및 기후변화’, ‘금융’, ‘거버넌스’, ‘건강’, ‘주택’, ‘인구 및 사회여건’, ‘레크레이션’, ‘안전’, ‘고체 폐기물’, ‘스포츠 및 문화’, ‘통신’, ‘교통’, ‘도시/지역 농업 및 식품안전’, ‘도시계획’, ‘폐수’, ‘상수’와 80개의 지표로 구성되어있다(Seoul Digital Foundation, 2019).

전 세계의 통신 장비 및 시스템의 표준을 구축하는 국제기구인 ITU-T는 UN-SDGs 달성을 목표로 UNECE, UN-habitat 등 다양한 국제기구와 함께 U4SSC(United 4 Smart Sustainable Cities)를 결성하여 도시를 평가하는 스마트시티 인덱스를 개발하였다. 지표 체계는 경제, 환경, 사회 및 문화 3개의 대분류와 7개의 중분류, 19개의 소분류, 91개의 지표로 구성되며, 지표의 유형은 각각 Core/Advanced, Smart/Structure/Sustainable의 조합으로 구분된다. 이 인덱스는 국제적인 스마트시티 수준에 대한 인증 및 비교를 위한 기초자료로 사용되며, 스마트시티로서 도시의 지속가능성 및 SDG 달성 성과를 평가하는 것이 목적이다(ITU et al, 2017).

국제기구 주도로 개발된 스마트시티 인덱스는 경제적, 사회적, 환경적 지속가능성 등 스마트시티의 목적이 얼마나 도달되었는지를 평가하는 지표 체계를 갖춘 인덱스가 주를 이루었다. 그러나, 범죄율 감소, 이산화탄소 발생량 감소, 일자리 창출 등 삶의 질, 지속가능성의 스마트시티 최종 성과를 평가하는 지표가 다수를 차지하지만, 스마트시티를 조성하기 위한 구체적인 계획 요소를 평가하는 지표는 부족한 한계가 있다.

2.2 국내 스마트시티 인덱스 관련 선행연구 분석

본 절에서는 국내에서 개발하는 인덱스를 분석하였다. 공공기관에서 개발하는 인덱스는 3장에서 살펴볼 것이므로, 학술연구에서 개발한 인덱스를 분석의 대상으로 선정하였다. 최근 발표되고 있는 스마트시티 인덱스 관련 학술논문은 크게 도시를 평가하는 인덱스 개발 연구와 서비스를 평가하는 인덱스 개발 연구로 구분되었다. 학술연구

내 개발된 인덱스 분석은 국제기구 인덱스 분석과 달리 선행연구로서 각각 연구의 의의와 한계점을 추가로 분석하였고, 끝에 본 연구와의 차별점도 도출하였다.

먼저 Jo et al.(2021)은 국내 주요 도시의 스마트시티의 수준을 분석하기 위해 스마트시티 인덱스를 개발하였다. 그들은 스마트시티의 핵심 구조를 STIM(Service, Technology, Infrastructure, Management)으로 보았고, 문헌 연구를 통해 STIM 관련 지표 41개를 도출하였다. 전문가 AHP 설문을 통해 지표별 가중치를 부여하였고, 국내 광역 지자체 일곱 도시를 대상으로 평가하여 순위를 매겨 분석한 결과를 보여주고 있다. 학술논문으로서 새로운 지표 체계를 제안하여 스마트시티 인덱스를 개발한 의의가 있으나, 스마트시티 법제도(스마트시티 조례 건수), 역량(스마트시티 공무원 수), 인프라 도입 여부(인터넷 가입률, CCTV 수, 공공 WiFi 개수 등)와 같은 개별 도시의 스마트시티 수준 평가에 그치고 있으며, 대기질 향상, 범죄율 감소 등 스마트시티의 목적인 지속가능성 등의 성과 평가지표는 부족한 한계를 보였다.

Lee & Leem(2019)은 스마트시티 실증서비스 성과평가를 위한 인덱스를 개발하는 연구를 하였다. 문헌 연구를 통해 평가항목 및 지표를 도출하였고, 스마트시티 전문가를 대상으로 AHP 설문조사를 수행하여 평가지표의 중요도를 설정하였다. 구체적인 평가 영역은 서비스가 잘 작동하기 위한 기반시설 등의 인프라는 투입(input) 영역, 도시서비스 절차와 기능은 과정(process) 영역, 서비스의 산출(output) 영역과 서비스 개발로 인해 파생하는 삶의 질 향상과 도시 경쟁력 향상은 결과(outcome) 영역으로 설정하였으며, 총 17개의 지표를 도출하고 선정하였다. 마지막으로 해당 인덱스의 검증에 위해 고양시의 스마트시티 서비스 개발 및 적용 사업으로 도입된 ‘스마트 수거관리 서비스’를 시범 평가하였다. 해당 연구를 통해 스마트시티 서비스 인덱스는 온전히 서비스 자체의 기능과 성능만을 평가하지는 않으며, 서비스로 인해 발생하는 효과들도 평가함을 알 수 있다. 이 연구는 다양한 스마트시티 서비스를 평가할 수 있는 범용적인 인덱스를 개발한 의의가 있다. 그러나 해당 인덱스의 투입 영역, 산출 및 결과 영역은 평가하고자 하는 서비스를 중심으로 한정하여 평가하므로, 도시 차원에서의 평가 및 도시 간 순위 비교는 하기 어렵다. 스마트시티 서비스는 도시와 긴밀히 연계되어 있으므로 도시를 평가하는 인덱스와 연계할 시 효과적일 것으로 예상된다.

Jung & Jun(2020)은 스마트시티의 서비스 중 스마트워터그리드의 목표측정과 달성 정도, 이행계획에 근거로 활용할 수 있는 스마트워터그리드 성과평가지표(SWG KPI)를 개발하였다. 그들은 Park(2004)의 글을 인용하여 지표의 속성을 input, process, output, outcome으로 나누어 보았고, 스마트워터그리드 지표 구축을 위한 접근방법론으로 사용하였다. 그리고 성과지표를 도출하기 위해 스마트워터그리드 서비스를 구성요소 3개, 기능 9개, 솔루션 14개로 분해하여 20개의 핵심 성공 요소를 도출하고, 이들을 연계함으로써 스마트기술의 복합성을 반영하였다. 그리고

20개의 핵심 성공 요소를 평가하는 35개의 지표를 개발하여 연계된 기능에 따라 가중치를 부여하여 점수를 산출하도록 하였고, 점수에 따라 최종적으로 1~5등급 중 하나를 부여하도록 하였다. 이 연구는 스마트 서비스를 평가하는 구체적인 지표 체계와 인덱스 결과 형태까지 제안한 의의가 있다. 그러나, 특정 스마트시티 서비스인 스마트워터그리드만을 평가하기 위한 인덱스이며, 해당 서비스를 통해 도시의 어떤 부분이 개선되는지 나타나지 않으며, 타 서비스 분야와의 연계, 거시적 도시 인덱스로의 확장이 이루어지지 않은 한계를 가지고 있다.

스마트시티 인덱스 관련 선행연구를 정리하면, 인덱스를 개발하는 연구가 주를 이루며, 도시를 평가하는 인덱스와 서비스를 평가하는 인덱스로 구분된다. 선행연구를 통해 본 인덱스 개발 연구는 도시, 서비스 인덱스 공통으로 어느 정도 정형화된 흐름이 있다. 즉 문헌 연구를 통해 사례 인덱스를 분석하고, 평가 영역 및 지표를 도출한다. 그 후, 전문가 설문 등을 통해 가중치를 부여하여 인덱스를 개발하고, 일부 연구는 시범 평가까지 이루어지는 것이다. 다만 학술연구 수준에서 개발된 인덱스는 공통적으로 국제기구나 공공기관에서 개발하는 인덱스와 달리 운영 평가 기관의 부재로 일회성 평가로 끝나는 경우가 많아 실용성이 떨어진다고 볼 수 있다. 따라서, 인덱스의 지속적인 평가와 지표 보완을 위해서 권위 있는 기관의 운영·관리가 필요할 것으로 사료된다.

선행연구 분석을 통해 도출된 본 연구의 차별성은 다음과 같다. 스마트시티 평가를 위한 인덱스 개발이 여러 논문에서 이루어지고 있으나, 스마트시티 인덱스 개발 연구가 여전히 반복되고 있고, 개발 방법 또한 비슷하다. 또한, 스마트시티 인덱스의 구조 및 특징 논의를 통한 기존 인덱스 간의 통합 및 연계에 대한 고려가 부재하고, 이미 개발되어있는 인덱스의 한계를 지적하며, 계속해서 새로운 인덱스를 개발하는 연구만 이루어지고 있다. 본 연구는 또 하나의 스마트시티 인덱스를 개발하는 것이 아니라, 국내 처음으로 스마트시티 인덱스를 특징 및 구조에 따라 분류하여 이를 바탕으로 공공기관에서 개발되

고 있어 실용 가능성이 큰 스마트시티 인덱스를 통합 및 연계하고자 하였다.

2.3 국내외 스마트시티 인덱스 개발 사례 분석 종합

2.1절에서 분석한 국제기구의 스마트시티 인덱스와 2.2절에서 분석한 선행학술연구에서 개발된 스마트시티 인덱스를 평가 목적과 대상에 따른 인덱스의 특징을 도출하기 위해 다음과 같이 평가 목적, 대상, 대분류 및 지표 수, 대분류 명칭 순으로 정리하였다(Table 2).

인덱스 목적은 크게 스마트시티의 수준을 평가하는 목적, 스마트시티의 개별 서비스를 평가하는 목적, 지속가능성 등 장기적 성과 달성 평가를 위한 목적으로 구분되었고, 평가 대상은 크게 도시를 평가하는 인덱스와 서비스 또는 프로젝트를 평가하는 인덱스로 구분되었다.

2.4 스마트시티 인덱스의 분류와 특징

(1) 인덱스 목적에 따른 분류 및 특징

Jo et al.(2021)은 국내 스마트시티 수준을 파악하고 분석하기 위한 목적으로 인덱스를 개발하였고, Lee & Leem(2019)과 Jung & Jun(2020)은 스마트시티 개별 서비스의 성능을 파악하고 개선하기 위한 목적으로 인덱스를 개발하였고, 국제기구는 스마트시티의 최종 목적인 지속가능성 등을 해결할 목적으로 인덱스를 개발한 것을 확인하였다. 각각의 목적을 가진 인덱스를 본 연구에서 자원 부문(Input), 활동 부문(Process), 성과 부문(Output)으로 단계적으로 분류하였고⁵⁾, 부문별로 속해있는 인덱스의 지표 체계를 통해 다음과 같은 평가 특징을 도출하였다.

자원 부문은 스마트시티가 잘 작동하기 위해서 투입되는 인프라, 인적자원, 거버넌스 및 제도, 서비스 시행 유무 등을 현황 위주로 평가하는 단계, 활동 부문은 스마트시티에 도입되는 개별 서비스의 운영, 성능, 효과 등을 상세하게 평가하여 도시 내 서비스 수준을 향상하는 평가 단계, 마지막으로 성과 부문은 일자리 창출, 에너지 절감, 탄소 배출 저감 등 스마트시티의 최종 목적에 해당하는 도시 경쟁력 향상, 지속가능성, 삶의 질 향상 등을 평가하는 단계이다.

Table 2. Analysis of Smart City Index cases

	CITYkeys (2017)		ISO (2019)	ITU-T et al. (2017)	Jo et al. (2021)	Lee & Leem (2019)	Jung & Jun (2020)
Aim of Index	To solve macroscopic problems such as continued growth and densification of cities and EU energy goals.		To improve their social, economic and environmental sustainability outcomes.	To achieve the SDGs; become a smarter city; and become a more sustainable city.	To analyze the level of smart cities in Korea.	To measure the Performance of smart city's demonstration services	To judge the success of smart city, it diagnose and improve the smart water grid.
Target	City	Project	City	City	City	Service	Service
Number of indicators	4 major categories 76 indicators	5 major categories 101 indicators	19 major categories 80 indicators	3 major categories 91 indicators	4 major categories 41 indicators	4 major categories 17 indicators	3 major categories 35 indicators
Name of major categories	People, Planet, Prosperity, Governance	People, Planet, Prosperity, Governance, Propagation	Economy, Education, Energy, Environment and climate change, Finance, Governance, Health, Housing, Population and social conditions, Recreation, Safety, Solid waste, Sport and culture, Telecommunication, Transportation, Urban/local agriculture and food security, Urban planning, Wastewater, Water	Economy, Environment, Society and culture	Service, Technology, Infra, Management	Input, Process, Output, Outcome	Water supply management, Water distribution management, Customer service management

(2) 인덱스 평가 대상에 따른 분류 및 특징

도시를 평가 대상으로 하는 인덱스는 공통적으로 나타나는 평가 구조가 있었는데, 본 연구에서는 이런 구조를 ‘결과 중심적 평가 구조’로 정의하였다. 결과 중심적 평가 구조는 도시를 평가하기 위해 인프라, 거버넌스, 서비스 시행 여부 등으로 평가 영역을 구분하고, 각 평가 영역에 해당하는 도시의 현 상황을 마치 사진을 찍듯이 지표로 평가하여 점수를 부여하는 방식이다(Figure 4).

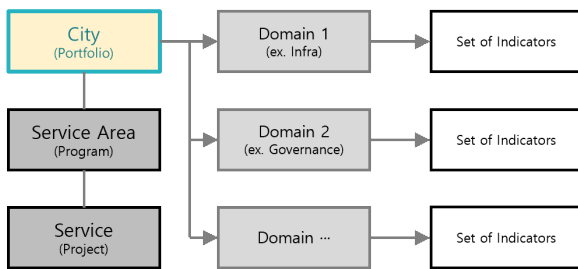


Figure 4. Result-centric index structure

서비스를 평가 대상으로 하는 인덱스는 개별 서비스의 성능 향상을 통해 스마트시티 목적을 달성하고자 하는 평가 구조를 보이므로 이런 구조를 본 연구에서 ‘과정 중심적 평가 구조’로 정의하였다. 과정 중심적 평가 구조는 도시를 직접 평가하여 종합적 수치로 나타내는 것이 아니라, 도시에 도입되는 개별 서비스(Project level)의 운영, 성능 등을 평가하고, 서비스 분야(Program level), 도시(Portfolio level)⁶⁾에 미치는 영향을 나타내는 구조이다(Figure 5).

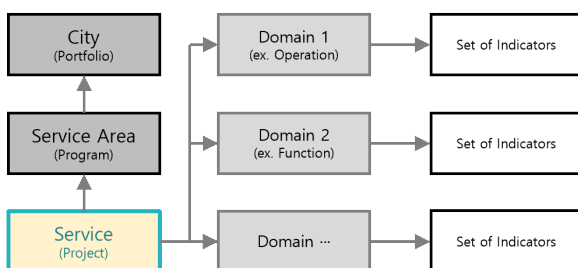


Figure 5. Process-centric index structure

도시를 평가하는 스마트시티 인덱스를 결과 중심적 평

5) IPO는 “inputs that lead to precesses that in turn lead to outcomes”라고 정의되고 있으며(Ilgen et al., 2005, p. 519), 경영, IT, 과학 등 많은 분야에서 활용되고 있다. IPO 모델은 성과가 다시 자원 투입의 근거가 되어 피드백 구조를 형성하는 순환적 특징을 가진다. 또한, 2장에서 언급한 Lee & Leem(2019), Jung & Jun(2020), 그리고 CITYkeys(2017)는 인덱스를 개발할 때, 지표의 유형으로 input, process, output, outcome, impact(CITYkeys only)를 사용한 바가 있다.

6) 프로젝트관리(PM) 분야에서 주로 사용하는 체계 중 하나인 Project-Program-Portfolio (PPP 계층 모델)을 도입하였다.

가 구조로 보고, 서비스를 평가하는 스마트시티 인덱스를 과정 중심적 평가 구조라고 하면, 인덱스 개발 사례를 통해 본 결과 중심적 평가 구조와 과정 중심적 평가 구조는 각각의 장단점이 있다. 먼저 결과 중심적 평가 구조의 경우 도시의 자원 및 서비스 제공 여부 등을 결과 중심으로 평가하여 표현함으로써 도시의 현 상황을 쉽고 빠르게 알 수 있고, 도시 간 비교하기 쉬워 순위를 매길 수 있는 장점이 있다. 그러나 스마트시티의 복잡성을 반영하기 어려우며, 도시문제 해결 및 개선 방법에 대한 구체적인 안내가 부족하다. 과정 중심적 평가 구조는 프로젝트 중심의 평가 방법으로, 도입되는 서비스를 평가하기 위해 시스템의 복잡성을 반영하고, 기술의 성능 등을 상세히 평가하기 때문에, 실질적인 스마트시티 조성을 위한 구체적인 가이드라인으로 활용될 수 있다. 또한, 해당 서비스가 거시적으로 도시의 어떤 서비스 분야, 도시문제의 어떤 부분을 개선했는지 어느 정도 확인할 수는 있다는 장점이 있다. 그러나, 도시의 현 상황을 종합적으로 파악하고 도시 간 비교하기는 어렵다(Table 3).

Table 3. Characteristics of Smart City Index Structure

Structure	Subject	Characteristic
Result-centric	City	Easy to know the current situation of the city easily and quickly. Easy to compare between cities.
Process-centric	Service	Reflects the complexity of the system. Evaluates the performance of technology. Can be used as a specific guideline for creating a smart city.

3. 국내 공공기관 인덱스 분석

3.1 사례의 선정 및 분석의 방향

본 장에서 분석하고자 하는 사례는 법적 근거로 국토교통부에서 주도하여 개발하고 있어 실용성이 높을 것으로 예상되는 국내 공공기관 인덱스 3개를 선정하였다⁷⁾. 구체적으로 2014년 이후에 신설된 법령 조항에 따라 개발되는 인덱스이며, 2017년에 신설된 「스마트도시 조성 및 산업진흥 등에 관한 법률 시행령」 제31조를 근거로 개발되고 있는 스마트도시 인증제와 2014년에 신설된 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령」 제4조의4를 근거로 개발 및 시행되고 있는 도시의 지속가능성 및

7) 국토교통부는 스마트시티를 육성하기 위해 스마트시티의 도입 수준과 스마트시티 서비스의 성능을 평가하는 ‘스마트도시 인증제도’, ‘스마트도시 서비스 인증제도’를 국토연구원과 한국건설기술연구원에 각각 개발하도록 하고 있다. 또한, 스마트시티가 이슈화되기 이전인 2000년부터 시행되어온 국토교통부의 도시평가인 ‘도시의 지속가능성 및 생활인프라 수준 평가’는 제목에 스마트시티가 직접 언급되지는 않지만, 스마트시티가 최종적으로 도달하고자 하는 지속가능성 제고와 삶의 질 향상을 목적으로 하는 인덱스이다. 따라서, 제목에 스마트시티가 직접 표현되지는 않지만, 「스마트도시 조성 및 산업진흥 등에 관한 법률」 제2조 1항에 따라 스마트도시의 목적인 도시의 경쟁력, 삶의 질 향상, 지속가능성을 평가하는 인덱스이므로 분석 대상에 포함하였다.

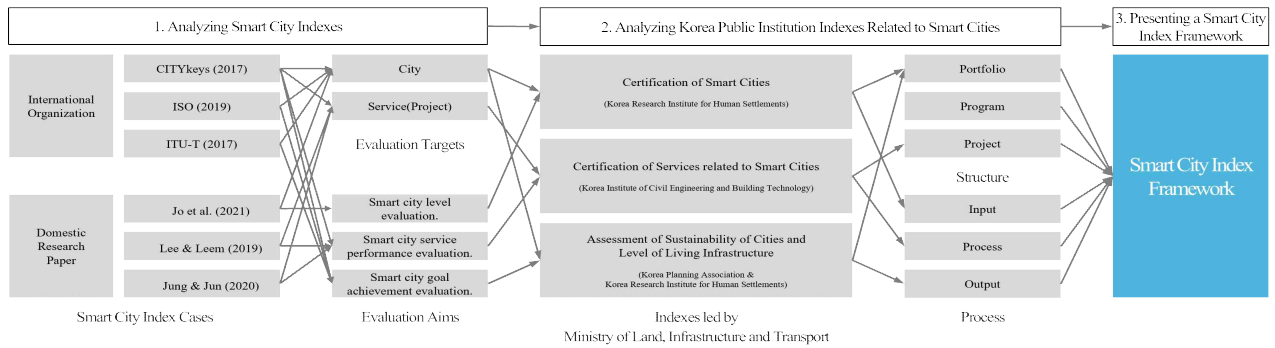


Figure 6. Research flow (2)

생활인프라 수준 평가이다.

2장에서 도출한 스마트시티 인덱스의 평가 대상과 목적에 따른 구조와 특징을 바탕으로 국내 공공기관 인덱스의 평가 대상과 목적을 분석하여 분류하였고, 이는 4장에서 제시하고자 하는 프레임워크의 구조와 프로세스의 기반이 되었다. 그리고 이 기반을 바탕으로 개별 인덱스의 지표 체계를 통합 및 연계하였다(Figure 6).

3.2 스마트도시 인증제도

국토교통부의 스마트도시 및 스마트도시서비스 인증 운영지침에 따르면, 국내에서 인증을 신청하는 지방자치단체를 대상으로 평가하며, 평가 결과에 따라 1등급에서 5등급 사이의 등급을 부여받는다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2021). 스마트도시 인증제도는 도시의 스마트도시 도입 수준 파악을 목적으로 하고 있으며, 지표 체계를 살펴보면 혁신성, 거버넌스 및 제도, 서비스 기술 및 인프라 3개 영역, 10개 평가항목에 대하여 65개의 정량지표와 5단계(착수단계, 일부 요건 충족 단계, 요건 충족 단계, 발전 단계, 최적화 단계)의 정성지표를 가지고 있다. 스마트도시 인증제도는 효과적인 스마트시티 조성을 위한 기반 요소(혁신성, 제도, 인프라) 및 시설 설치 위주의 서비스 시행 여부(불8) 평가하는 특징이 있으며, 동시에 현황 위주로 도시를 평가하는 결과 중심적 평가 구조를 갖추고 있다(Figure 7).

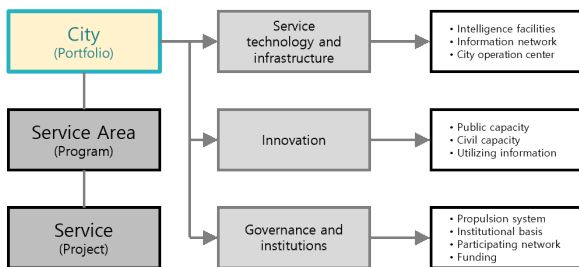


Figure 7. Smart city certification index structure

8) 여기서 평가하는 도시의 서비스는 서비스의 성능이나 효과를 평가하는 것이 아니라, 도시에 해당 서비스 분야를 지원하는 시설 설치 또는 시스템 운영 여부(예: 안전 서비스 분야의 인구 1천명 당 방범 CCTV 수, 대시민 재해 경보시스템 존재 유무)를 평가하기 때문에 개별 서비스를 중점적으로 상세히 평가하는 스마트도시 서비스 인증제도와 차이가 있다.

3.3 스마트도시 서비스 인증제도

국토교통부 인증 운영지침에 따르면 평가 대상은 도시에 시범운영 또는 운영 중인 서비스를 대상으로 한다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2021)⁹⁾. 본 인증제도는 평가하고자 하는 서비스의 스마트도시 부합성, 구성 및 기능, 운영 3개 영역을 각각 평가하게 되는데 스마트도시 인증제도와 달리 서비스 인증제도는 현재 연구개발 중이므로 세부적인 지표 및 평가 방법 확인이 어렵다. 다만, 도시에 도입되는 다양한 개별 서비스를 상세하게 평가하여 스마트도시 서비스 수준을 향상하고자 하는 목적이 있다. 또한 도시서비스 수준 향상을 통해 궁극적으로 도시 경쟁력과 삶의 질 향상에 기여하고자 하는 과정 중심적 평가 구조로 되어 있음을 알 수 있다(Figure 8).

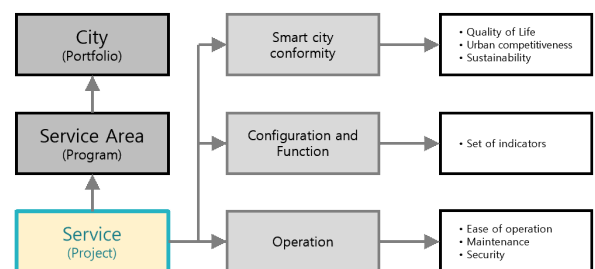


Figure 8. Smart city service certification index structure

3.4 도시의 지속가능성 및 생활인프라 수준 평가

‘도시의 지속가능성 및 생활인프라 수준 평가’는 2000년부터 시작된 15년 전통의 도시 평가인 『지속가능한 도시대상』이 2014년 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령」의 개정으로 만들어진 도시의 지속가능성 평가와 2015년부터 통합되어 운영되었다. 이를 통해 도시대상이 가진 역사성과 함께, 법적 근거를 확보하여 제도화되었고, 매년 시행되는 대표적인 국내 도시 평가체제로 자리 잡게 되었다(Korea Planning Association & Korea Research Institute for Human Settlements, 2019).

9) 예를 들어, 2019년 스마트도시 서비스 인증제도 시범 평가에 선정된 교통 영역의 횡단보도 보행 안전 서비스, 시설물관리 영역의 지하 매설물 통합정보 제공 서비스 등이 있다.

본 평가는 매년 전국 지자체를 대상으로 환경·사회·경제적 지속가능성과 생활인프라 수준을 평가하여 결과를 공개하고 있으며, 도시의 지속가능성 제고와 국민 삶의 질 향상을 목적으로 하고 있다. 구체적인 평가항목은 경제, 환경, 사회 그리고 지원체계이며, 11개의 중분류로 구성된다. 지표는 모든 평가 대상 지자체를 대상으로 의무적으로 평가받아야 하는 정량지표 중심의 기본지표와 수상을 원하는 지자체를 대상으로 평가하는 정성지표 중심의 응모지표로 구분된다(Korea Planning Association & Korea Research Institute for Human Settlements, 2019).

본 평가 인덱스는 지자체가 도시 공간의 질과 시민 삶의 질을 개선하고 도시의 경쟁력을 향상하기 위해 그동안 기울여온 노력의 성과 혹은 성과의 증가 수준을 중점적으로 평가하는 것이 특징이다. 또한 인덱스 평가 구조로는 도시를 평가하여 지자체 간 순위를 매기는 결과 중심적 평가 구조이다(Figure 9).

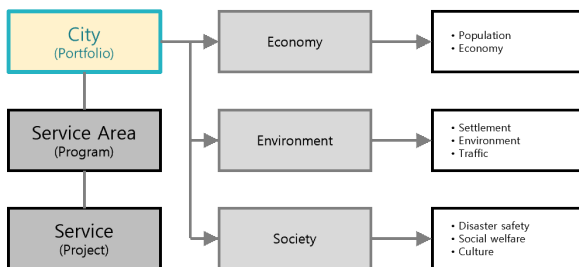


Figure 9. Assessment of sustainability of cities and level of living infrastructure index structure

3.5 사례 종합 및 인덱스 통합·연계 가능성 검토

본 연구에서는 각 인덱스는 평가 대상에 따라 결과 중심적 평가 구조, 과정 중심적 평가 구조로 분류되었으며, 인덱스 개발 목적에 따라 IPO(Input-Process-Output) 모델로 분류되었다.

국토교통부에서 주도하는 인증, 평가 제도에 나타나는 인덱스의 구조와 특징을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다(Table 4). 스마트도시 인증제도의 인덱스는 도시를 평가 대상으로 하고, 스마트시티 도입 수준 평가가 목적이기 때문에, 결과 중심적 평가 구조와 스마트시티 자원 부문(input) 평가가 특징인 인덱스라고 할 수 있다. 스마트도시 서비스 인증제도의 인덱스는 서비스를 평가 대상으로 하고, 도시의 스마트시티 서비스 수준 향상이 목적이기 때문에 과정 중심적 평가 구조와 스마트시티 활동 부문(process) 평가가 특징인 인덱스라고 할 수 있다. 마지막으로 도시의 지속가능성 및 생활인프라 수준 평가 인덱스는 도시를 평가 대상으로 하는 결과 중심적 평가 구조이며, 도시의 지속가능성 제고와 삶의 질 향상을 위한 노력 정도를 평가하는 것이 목적이기 때문에, 스마트시티 성과 부문(output) 평가가 특징인 인덱스라고 할 수 있다.

Table 4. Korea Smart City Index Analysis

Index	Target	Structure	Aim	Feature
Smart city certification	City	Result-centric	Identify the level of smart city introduction.	Input
Smart city service certification	Service	Process-centric	Improving the level of smart city service.	Process
Evaluation of urban sustainability and living infra structure	City	Result-centric	Measurement of improving the sustainability of cities and improving the quality of life of people.	Output

국토교통부 주도로 개발하고 있는 3개 인덱스의 구조와 특징을 바탕으로 이들의 통합·연계 가능성을 검토하였다. 먼저, 결과 중심적 평가 구조를 지닌 스마트도시 인증제도의 인덱스와 도시의 지속가능성 및 생활인프라 수준 평가의 인덱스는 과정 중심적 평가 구조를 지닌 스마트도시 서비스 인증제도의 인덱스와 서로의 장단점을 보완해줄 수 있는 도시-서비스 상호 보완 관계이므로 PPP(Project-Program-Portfolio) 계층 모델로 통합할 수 있을 것이다. 또한, 3개의 인덱스는 목적에 따라 각각 IPO(Input-Process-Output) 순환 모델의 자원 부문, 활동 부문, 성과 부문에 해당하므로, 이들을 연계할 수 있는 관계성이 있다고 할 수 있다.

이러한 공공기관 인덱스들의 통합·연계 가능성을 바탕으로 다음 장에서 최종적으로 국내 공공기관 스마트시티 인덱스를 통합·연계하는 프레임워크를 제시하고자 한다.

4. 스마트시티 인덱스 프레임워크 제시

4.1 스마트시티 인덱스 프레임워크 개발 목적

본 연구의 목적은 국내 공공기관에서 개별적으로 개발되고 있는 스마트시티 관련 인덱스의 특징과 구조를 분석하고, 이들의 관계성을 바탕으로 통합 및 연계할 수 있는 스마트시티 인덱스 프레임워크를 제시하는 것이다.

스마트시티 인덱스 프레임워크를 제시하는 목적은 스마트시티 인덱스를 구조와 특징에 따라 체계를 세우고, 시각화하여 나타냄으로써, 첫째, 인덱스 사용자 관점에서 스마트시티를 조성하고자 할 때, 운영·관리적 측면에서 스마트시티 인덱스를 효과적으로 이해하고, 인덱스를 선택적으로 활용할 수 있도록 하는 것이고, 둘째, 인덱스 개발자 관점에서 세부적인 지표를 개발하고 보완할 때, 본 프레임워크가 기초자료로써 활용될 수 있도록 하는 것이다.

4.2 스마트시티 인덱스 프레임워크 구조

3장에서 국토교통부에서 주도하는 스마트시티 관련 인덱스 3개의 구조를 정리하였고, 각 인덱스의 구조는 결과 중심적 평가 구조의 인덱스와 과정 중심적 평가 구조 인덱스로 구분되었다. 이들 구조를 PPP(Project-Program-Portfolio)

계층 모델로 통합하여 최종적으로 스마트시티 인덱스 프레임워크 구조를 다음과 같이 도출하였다(Figure 10).

PPP 계층 모델의 관점에서 ‘스마트도시 서비스 인증제도’를 프로젝트 레벨(개별 서비스 단위)로, ‘「스마트도시 조성 및 산업진흥 등에 관한 법률 시행령」 제2조의 스마트도시 서비스’를 프로그램 레벨(서비스 분야 단위)로, ‘스마트도시 인증제도’와 ‘도시의 지속가능성 및 생활인프라 수준 평가’를 포트폴리오 레벨(도시 단위)로 배치하여 통합하였다. 프로젝트는 프로그램에, 프로그램은 포트폴리오에 포함관계를 이루며, 서비스 분야 단위는 결과 중심적 구조의 인덱스와 과정 중심적 구조의 인덱스의 매개 역할을 한다. 따라서 본 프레임워크를 통해 프로젝트 평가는 단지 서비스 및 기술의 성능만을 평가하는 것이 아니라, 도시에 미치는 효과까지 반영하게 되며, 도시-서비스 평가 인덱스의 장단점을 상호 보완하는 계층 구조를 가지게 되는 것이다.

4.3 스마트시티 인덱스 프레임워크 연계 프로세스

국토교통부에서 주도하는 인덱스는 평가 목적에 따라 각각 자원 부문, 활동 부문, 성과 부문 인덱스로 구분되었는데, 이를 IPO(Input-Process-Output) 순환 모델로 연

계하였다. 구체적으로 IPO 순환 모델의 관점에서 스마트도시 인증제도의 인덱스를 자원 부문(Input)에, 스마트도시 서비스 인증제도를 활동 부문(Process)에, 도시의 지속가능성 및 생활인프라 수준 평가 인덱스는 성과 부문(Output)에 배치하여 연계하였다. 이를 통해 스마트시티 역량 수준 평가부터, 개별 도시의 스마트시티 수준에 따른 맞춤형 스마트시티 서비스 도입 및 평가, 지속가능성과 삶의 질 향상이라는 최종 성과평가에 이르기까지 스마트시티 전 주기적 관리가 가능하며, 이 과정을 반복함으로써 스마트시티 역량 강화를 이룰 수 있다.

5. 결 론

국내에서 도시에 대한 수준 평가, 서비스 성능평가 등 다양한 스마트시티 관련 인덱스가 공공기관 주도로 개발되고 있으나 개별적으로 개발되고 있어, 연계 및 통합이 이루어지지 않고 있었다. 따라서 국내 스마트시티 인덱스를 이해하고, 활용성을 높이기 위해 이들을 통합하고 연계할 수 있는 프레임워크를 제시하는 것을 본 연구의 목적으로 설정하였다.

본 연구 내용을 요약 정리하면, 1장 문헌 고찰을 통해

SMART CITY INDEX FRAMEWORK

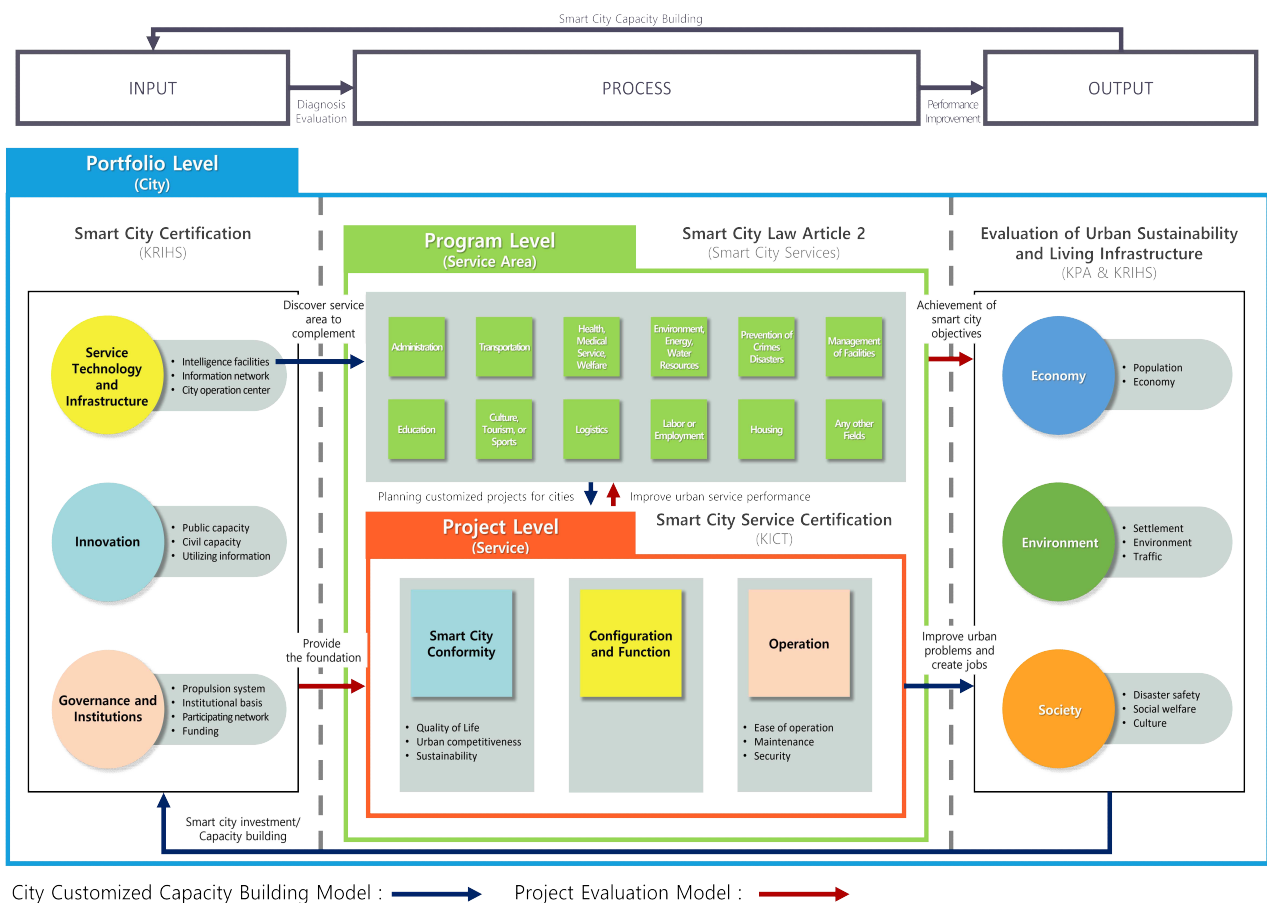


Figure 10. Smart City Index Framework

스마트시티 인덱스가 무엇인지 정의하고, 스마트시티 인덱스 프레임워크 연구가 어떤 연구인지 밝혔다. 그리고 2장에서 국내외 스마트시티 인덱스를 평가 대상과 목적에 따른 지표 체계를 분석하여 스마트시티 인덱스의 구조와 특징을 도출하였다. 평가 대상에 따른 평가 구조는 결과 중심적 평가 구조와 과정 중심적 평가 구조로 구분되었고, 평가 목적에 따른 평가 특징은 자원 부문, 활동 부문, 성과 부문으로 단계적으로 분류되었다. 이는 다시 분석의 틀이 되어 3장에서 국토교통부 주도로 개발되고 있는 스마트시티 관련 인덱스 3개를 선정하여 분석하였다. 이를 통해 각각의 구조와 특징을 도출하였고, 개별 인덱스의 통합 및 연계 가능성을 검토하였다. 최종적으로 4장에서는 국내 공공기관에서 개발하고 있는 스마트시티 인덱스를 통합 및 연계하는 프레임워크를 제시하였다.

본 연구에서 제시하는 프레임워크를 기초자료 이상으로 활용하기에는 한계가 있다. 왜냐하면, 프레임워크는 사전적 정의대로 배경, 문제, 목적을 바탕으로 한 계획의 기본 이미지를 작성하여 목표, 수단을 생각하고, 개략적인 계획을 세우는 작업이기 때문이다. 제시된 프레임워크를 실제 평가 모델로 활용하고자 할 경우, 정량화 과정을 거치고 시범 적용 연구도 필요하다. 프레임워크의 구체적인 활용에 관한 주제는 향후 후속 연구의 주제가 될 수 있을 것이다.

본 연구는 공공기관에서 개발되고 있는 스마트시티 인덱스를 구조 및 특징에 따라 분류하여 이들의 관계성을 바탕으로 통합 및 연계하는 프레임워크를 제시한 연구로서 의의가 있다. 제시된 프레임워크를 통해 도시 평가를 위한 인덱스와 개별 서비스 평가를 위한 인덱스를 통합하여, 기존 개별 인덱스가 가지고 있는 전문성 및 장점을 살리고, 부족한 점 및 한계를 보완할 수 있을 것이다. 또한 서로 다른 목적과 특징을 지닌 인덱스들을 연계하여 도시의 스마트시티 역량을 강화하고, 거시적 관점에서 경제·환경·사회적 지속가능성을 높여 기후변화에 대응하고 도시문제를 해결하는 상세한 대책을 마련할 수 있을 것이다.

본 연구에서 제시된 프레임워크는 현재 국내 공공기관에서 개발 중인 인덱스를 바탕으로 짜였으나, 「스마트도시 조성 및 산업진흥 등에 관한 법률」 제32조에서는 도시 및 서비스 인증뿐만 아니라 기반시설 및 그 밖에 대통령령으로 정하는 사항에 대하여 인증 개발 가능성을 열어두고 있다. 추후 다른 기관에서 인증을 위한 인덱스를 개발할 때, 본 프레임워크를 참고할 수 있을 것이고, 새로 개발된 인덱스 또한 본문에서 보였던 것처럼 구조와 특징에 따라 프레임워크에 지표 체계를 통합할 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구는 프레임워크, 즉 틀을 제시하는 연구이기 때문에, 인덱스 각각의 지표 등 세부적인 사항은 언제든지 변경되거나 바뀔 수 있다. 본 프레임워크를 지표 수준까지 구체화하여 실제 인덱스 개발에 활용하는 것은 스마트시티 인덱스를 개발하는 각각의 공공기관 또는 이를 관리하는 중앙행정기관을 통해 이루어질 수 있을 것이다.

본 연구의 성과가 스마트시티 인덱스를 개발하고 사용함에 있어서 다자간의 이해와 소통을 높일 수 있는 참고자료로 활용되길 바란다.

REFERENCES

1. Ban, Y., Baek, J., & Kim, Y. (2018). Developing an Urban Safety Assessment Framework Using Sustainable Urban Metabolism. *Crisisonomy*, 14(5), 119-135.
2. Bosch, P., Jongeneel, S., Rovers, V., Neumann, H., Airaksinen, M., & Huovial, A. (2017). CITYkeys indicators for smart city projects and smart cities. Retrieved October 4, 2021 from <http://www.citykeys-project.eu>
3. BSI. (2019). ISO 37106 International standards for sustainable cities and communities, summary guidelines for building smart city operating models for sustainable communities. BSI Group Korea. Retrieved July 30, 2021 from <http://bsiblog.co.kr>
4. Choi, J., & Chun, E. (2019). A Study on Smart City Planning Method for Residents' Experience by Applying the Concept of Core Index. *Journal of the Korean Institute of Culture Architecture*, 66, 141-150.
5. Choi, K. (2011). *Development and application of Competitiveness Index in the context of Climate Change in Korean industry*. Ph.D. Dissertation, Konkuk University.
6. Committee on the Compilation of Terminology Related to Civil Engineering. (1997). *A Dictionary of Civil Terms*. Tamguwon.
7. Doopedia. (1996). Framework. Retrieved October 4, 2021 from <https://www.doopedia.co.kr>
8. Falconer, G., Mitchell, S. (2012). Smart City Framework A Systematic Process for Enabling Smart + Connected Communities. CISCO. Retrieved July 30, 2021 from <http://www.cisco.com>
9. Ferrao, P., Fernandez, J. E., & Ferrão, P. (2013). *Sustainable urban metabolism*. MIT press. 23-42.
10. Ilgen, D., Hollenbeck, J., Johnson, M., & Jundt, D. (2005). Teams in organizations: from input-process-output models to IMO models. *Annual Review of Psychology*, 56, 517-543.
11. ISO/TC268. (2017). ISO/CD 37122, Sustainable development in communities - indicators for Smart Cities. ISO. Retrieved July 30, 2021 from <https://www.iso.org>
12. ITU-T. (2014). Smart sustainable cities: An analysis of definitions. Retrieved October 4, 2021 from <https://www.itu.int>
13. ITU, UNECE, UN-Habitat. (2017). *Collection Methodology for Key Performance Indicators for Smart Sustainable Cities*. Switzerland Geneva.

14. Jo, S., Lee, S., Jo, S., & Leem, Y. (2021). An Analysis on the Smart City Assessment of Korean Major Cities : Using STIM Framework. *The Journal of the Korea Contents Association*, 21(3), 157-171.
15. Jung, S., & Jun, K. (2020). A Study on the Development of Smart Water Grid Key Performance Index for the Implementation of Smart City. *Journal of Korean Society of Disaster and Security*, 13(1), 25-39.
16. Kim, C., & Kim, K. (2012). A Study on Visual Simulation from Independent Framework. *Illustration Forum*, 32, 79-88.
17. Kim, H. (2013). *Trend Knowledge Dictionary 1*. Personality and thought history. Retrieved July 30, 2021 from <https://smartcity.go.kr>
18. Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement (2019). Smart City Innovation and Growth Motives Project Brochure. Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement. Retrieved July 30, 2021 from <https://terms.naver.com>
19. Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement. (2017). 2017 World-leading Smart City R&D Project Modification Planning Report. Retrieved October 4, 2021 from <https://www.kaia.re.kr>
20. Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology. (2018). Development of Framework for KICT Smart City Index. Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, 2018-145. Retrieved July 30, 2021 from <http://www.codil.or.kr>
21. Korea Planning Association, Korea Research Institute for Human Settlements. (2019). Evaluation and Implementation of Urban Sustainability and Living Infrastructure Level in 2019. Ministry of Land, Infrastructure and Transport. Retrieved July 30, 2021 from <https://www.codil.or.kr>
22. Korea Research Institute for Human Settlements. (2016). A Study on Construction and Application Approaches of Smart City Maturity and Potential Diagnostic Models. Korea Research Institute for Human Settlements, 16-15. Retrieved July 30, 2021 from <https://www.krihs.re.kr>
23. Korea Research Institute for Human Settlements. (2021). Smart city certification criteria. Korea Research Institute for Human Settlements. Retrieved July 30, 2021 from <https://www.smartcitycelc.krihs.re.kr/>
24. Lee, J. (2021). Development and utilization of smart city indexes. *The Magazine of the IEEE*, 48(3), 41-49.
25. Lee, J., & Han, S. (2019). An Investigation of a Smart City Policy Change and Local Government Response. *Journal of the Korean Urban Geographical Society*, 22(2), 1-11.
26. Lee, J., & Han, S. (2017). The Meanings and Future Agendas of the Act on Smart City Law Revision. *Journal of the Korean Urban Geographical Society*, 20(3), 91-101.
27. Lee, K., & Sohn, H. (2016). *Geospatial Information System Terminology Dictionary*. Gumiseogwan.
28. Lee, M., & Leem, C. (2019). A Study on Performance Evaluation of the Korea Smart City Demonstration Service. *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, 44(10), 1992-2002.
29. Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (2021). Act on the Promotion of Smart City Development and Industry. Act No. 17799. Retrieved August 5, 2021 from <http://www.law.go.kr>
30. Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (2021). Enforcement Decree of the Act on the Promotion of Smart City Development and Industry. Presidential Decree No. 31779. Retrieved August 5, 2021 from <http://www.law.go.kr>
31. Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (2021). Guidelines for the Operation of Smart City and Smart City Service Certification. Ministry of Land, Infrastructure and Transport Notice No. 2021-233. Retrieved July 30, 2021 from <http://www.law.go.kr>
32. Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (2019). 3rd Smart City Comprehensive Plan. Ministry of Land, Infrastructure and Transport. Retrieved July 30, 2021 from <https://smartcity.go.kr>
33. Navigant Research. (2019). Smart City Tracker 2Q19. Navigant Research. Retrieved July 30, 2021 from <https://www.businesswire.com>
34. Roland Berger. (2019). Think:Act, The Smart City Breakaway. Roland Berger. Retrieved July 30, 2021 from <https://www.rolandberger.com>
35. Seoul Digital Foundation. (2019). A Study on the Indicators for Improving the International Status of Smart City Seoul. Seoul Digital Foundation. Retrieved July 30, 2021 from www.sdf.seoul.kr
36. Shin, W. (2020). *A Study on the Development of Indicators for Smart City Index*, Ph.D. Dissertation, Sungkyunkwan University.
37. Shin, W., Kim, D., Cho, Y., & Park, S. (2015). Comparative Analysis Research on the Difference Between U-City and Smart City for the Establishment of International Competitiveness of U-City. *Journal of Urban Design Institute of Korea*, 7(3), 5-16.
38. Wendling, Z. A., Emerson, J. W., de Sherbinin, A., Esty, D. C., Hoving, K., Ospina, C. D., Murray, J., Gunn, L., Ferrato, M., Schreck, M., Jacob, M., Dahl, N., & Godron, A. (2020). *2020 Environmental Performance Index*. New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law & Policy. Retrieved October 4, 2021 from epi.yale.edu

(Received Aug. 19 2021 Revised Sep. 16 2021 Accepted Nov. 2 2021)