



스마트건강도시를 위한 건강 및 환경 모니터링 서비스의 지역계획 현황과 과제*

Health and Environmental Monitoring Services for Smart Healthy Cities : Current Practices and Challenges in Local Government Plans

최동아** · 송윤정*** · 홍의석****

Choi, Dong-ah · Song, Yun-jeong · Hong, Andy

Abstract

"Smart Healthy Cities" has been proposed as a new urban planning model that leverages technology for population health promotion. This study investigated environmental and health monitoring services crucial to developing Smart Healthy Cities, analyzing their current practices and challenges for Korean cities. Through a systematic review of 26 Smart City Plans and 71 Community Health and Medical Care Plans, we identified nine major categories of environmental and health monitoring services. The monitoring services in the Smart City Plans were more evenly distributed across the category than the services identified in the Community Health and Medical Care Plans. We found that these monitoring services require different spatial scales depending on the purpose of monitoring and the needs of the target groups. The key challenges included difficulties in standardizing monitoring technologies and performance metrics, supporting health promotion for smaller cities, and tailoring monitoring services to reflect the daily activities of diverse population groups. This study seeks to expand knowledge on the current practices and challenges while providing valuable insights for supporting the development of Smart Healthy Cities.

주제어 환경모니터링, 건강모니터링, 스마트건강도시, 건강도시, 스마트도시

Keywords Environmental Monitoring, Health Monitoring, Smart Healthy City, Healthy City, Smart City

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

기후변화, 팬데믹, 인구 고령화 등 국민 건강을 위협하는 다양한 위험 요인이 지속해서 등장하면서 새로운 건강 증진 전략에 대

한 사회적 요구가 높아지고 있다. 지역사회의 사회경제적 질병 부담은 지속해서 증가하고 있으나, 고령화와 수도권으로의 인구 유입이 결합되어 생활인프라 및 건강증진 자원의 지역 간 격차가 심화되고 있다(고든솔, 2023; 구양미, 2021; 설진주 외, 2021; 윤태범, 2021). 국민 건강증진을 위해서는 개인의 직접적인 질병치료를 위한 보건의료자원 제공과 더불어 지역사회의 예방적 건강

* 이 논문은 정부(보건복지부)의 재원으로 한국건강증진개발원의 국민건강 스마트관리 연구개발사업단의 지원을 받아 수행된 연구로, 2023년 대한민국도·도시계획학회 추계학술대회에서 발표한 연구를 수정·보완하여 작성되었음.

** Assistant Professor, Graduate School of Urban Studies, Hanyang University (First Author: dachoi@hanyang.ac.kr)

*** PhD Student, Knowlton School of Architecture, Ohio State University (song.2283@osu.edu)

**** Director, Healthy Aging and Resilient Places (HARP) Lab, The University of Utah (Corresponding Author: a.hong@utah.edu)

Inaugural Faculty Member, Design Institute for Health and Resilience (DIHR), The University of Utah

Assistant Professor, Department of City and Metropolitan Planning, The University of Utah

관리 기반 마련이 필요하다.

현대적 의미의 건강증진은 건강을 저해하는 인자를 제외하는 것뿐 아니라 다양한 건강 결정요인에 대한 자기결정권을 높여 적극적으로 건강수준을 향상시키는 과정이다(WHO, 1986). 다양한 건강결정요인에 대한 자기결정권을 자유롭게 누리기 위해서는 개인의 실천적 노력을 지원해 줄 수 있는 물리적·사회적 환경 마련이 중요하다. 또한, 과거 전염성 질환 통제 및 만성질환 관리 위주의 건강정책이 사회경제적 변화에 따라 삶의 질 향상으로 옮겨가면서 건강증진의 대상이 건강 고위험 집단에서 모든 지역사회 구성원을 포괄하는 전략으로 발전하고 있다(김진희 외, 2011). WHO는 이러한 건강증진의 개념과 정책적 요구를 실현하기 위하여 건강도시 프로젝트들을 추진하고 있으며, 국내에서도 2004년 서울특별시, 창원시, 원주시, 부산 진구의 국제 건강도시 연맹(The Alliance for Healthy Cities, AFHC) 최초 가입, 2006년 대한민국 건강도시협의회 발족 등 건강도시 사업 발전을 위한 활동들이 증가하고 있다(김진희 외, 2011). WHO에 의하면 건강도시는 특정 건강 상태에 이르는 것을 목표로 하는 것이 아니라, 지역주민의 건강과 웰빙을 위해 물리적, 사회적 환경을 지속적으로 창조하고 개선하여 지역사회의 건강자원을 증대시키는 도시이다. 건강도시 조성을 위해서는 보건의료서비스 제공에 더하여 포괄적인 물리적, 사회적 건강결정요인에 대한 이해와 이를 중심으로 하는 정책이 필수적이다(최용준 외, 2012).

최근 정보통신기술의 발달, 스마트 디바이스 사용률 증가, 데이터 간 연계성 증가 등으로 정보의 비대칭성을 해소하고 다양한 건강결정요인에 대한 고려를 포함하는 건강증진 서비스가 가능해지고 있다. 건강상태 및 건강행태 모니터링 기술을 포함하는 국내 디지털 헬스케어 시장은 2013년 2.6조 원에서 2020년 약 14조 원 규모로 크게 성장하고 있으며 스마트시계, 스마트 신발창, 스마트 벨트, 스마트 혈압계 등 다양한 웨어러블 디바이스 기술력이 상당한 수준에 이르렀다(신재용, 2021). 이러한 기술은 실제 지자체 단위에서 모바일 앱, ICT 기술, 사물인터넷, AI 기술 등을 활용한 다양한 인구 계층에 대한 건강증진 및 돌봄서비스로 적용되고 있다. 또한 도시계획 분야에서도 2008년 유비쿼터스도시를 시작으로 도시민의 삶의 질 향상을 위해 건설·정보통신기술을 접목하여 도시환경 정보를 수집하고 정책 의사결정을 지원하는 스마트시티와 관련된 다양한 연구가 진행되어 왔다(박건철·이지형, 2019; 민병학 외, 2021; 노재인 외, 2022).

스마트 기술을 활용하는 건강증진 정책과 관련 연구가 증가하고 있지만, 실제 기술의 상용화는 기존 시스템과의 호환성 문제, 복잡하고 새로운 기술로 인한 이용성 감소, 기술 사용 관련 비용 증대 등의 문제로 어려움을 겪고 있다(Hubert et al., 2019; Rhee et al., 2022; Lee, 2014). 또한, 도시 차원의 정책에서 새로운 기술 도입은 예산, 가용 가능한 기술자원, 행정기관의 리더십, 실무자의 기술 이해도, 지역의 인구지리적 특징 등에 따라서

도 영향을 받으며, 저렴하고 사용성이 좋은 기술들이더라도 실제 기술 도입 여부는 도시에 따라 크게 달라진다(Arara, 2020). 또한, 도시는 크기에 따라 인구수와 연령대, 운용할 수 있는 자원의 양, 문제해결의 복잡성, 고사양 기술 이용가능성 등에서 큰 차이를 보이며, 이는 도시별 요구되는 스마트도시 서비스 분야, 목적, 방법 등에 크게 영향을 미친다(Nowaczyk et al., 2022). 그럼에도 불구하고, 많은 스마트도시 연구는 고밀 도시 또는 대도시 중심으로 이루어지고 있으며, 도시 크기별 적합한 스마트도시 서비스에 대한 논의는 매우 부족한 실정이다.

본 연구에서는 스마트건강도시를 미래 도시계획모델의 하나로 보고, 모든 도시민의 건강을 증진하고 질병을 예방하기 위한 필수적인 도시 서비스로서 건강 및 환경 모니터링 서비스의 국내 계획 현황을 살펴보고자 한다. 우선, 글로벌 연구에서 발견되는 건강 및 환경모니터링 기술 분야에 기반하여 국내 관련 사업계획의 주요 분야를 파악 및 비교·분석하여 국내 모니터링 사업 분야의 발전 방안을 제시한다. 둘째, 건강 및 환경 모니터링 서비스 현황 분석을 위해, 관련 계획서에서 설명되고 있는 사업의 목적, 모니터링의 공간적 범위, 관련 기술, 성과지표 등을 파악하여 사업 목적 및 공간적 맥락에 따른 사업 구체화 특징을 살펴본다. 마지막으로, 건강 및 환경 모니터링 서비스의 분야와 내용을 도시 크기에 따라 분류하여, 도시 유형에 따라 수요가 많은 모니터링 서비스 분야와 내용을 분석하고 이를 지원하기 위한 국가 차원의 정책 발전 방안을 제안한다.

2. 연구의 범위 및 내용

본 연구에서는 사회생태학적 모형(Social ecological model)에 따른 환경적·행태적 건강결정요인을 모니터링 대상으로 보고 국내 모니터링 서비스 현황을 파악하고자 한다. 사회생태학적 모형은 건강에 미치는 요인을 이해할 때 개인의 유전적·생리적 특성에 더하여 소집단, 조직사회, 지역사회, 환경, 정책 등을 포함하는 다수준의 영향을 고려해야 한다는 이론 모형이다(Bronfenbrenner, 1979). 도시환경과 밀접하게 관련되는 건강결정요인은 크게 유해물질 또는 스트레스를 유발하는 환경에 대한 직접적인 노출(exposure)과 환경을 의해 촉진되거나 저하됨으로 인해 건강 결과에 영향을 미칠 수 있는 건강행태(behavior) 두 가지 측면으로 나눌 수 있다(Frank et al., 2019). 환경적 노출과 건강행태로 구분되는 건강결정요인은 다시 한번 인간 신체 내부 환경(혈액, 대사물질, 유전자 등)에서부터 주거 환경(실내 공기질, 온습도, 소음, 낙상 등), 근린주구 환경(외부 공기질, 녹지, 야외 체육시설, 신체활동, 사회활동 등), 도시환경(교통 인프라, 생태 다양성, 열적 쾌적성 등)까지 다양한 공간적 범위에 따라 구분될 수 있다. 이와 같이 도시환경은 환경 그 자체의 직접적인 영향으로 또는 건강행태에 영향을 주는 간접적인 방식으로 인간의 건강에 영향을 주

고 있다.

이때 인간 신체 내부의 생리적 환경은 주로 전문 의료기관에서 일시적이고 개별적으로 측정되는 반면, 인간 외부의 환경과 건강 행태는 최근 기술 발달과 함께 센서, 사물인터넷(IoT), 웨어러블 디바이스(wearable device) 등의 지속적이고 데이터 간 상호연결되기 쉬운 방식으로 모니터링되고 있다(Coulby et al., 2020; Rhee et al., 2022; Ramírez-Moreno et al., 2021).

본 연구에서는 개인 신체 내부 환경과 관련된 건강지표를 제외하고, 도시 단위에서 수집 및 관리될 수 있는 건강결정요인에 집중하여 노출 요인과 행태 요인에 대한 모니터링 계획 현황을 고찰하고 시사점을 논의하고자 한다. 선행연구를 살펴본 결과, 건강행태와 관련한 모니터링 분야는 일상생활 및 건강관리, 신체활동, 정신적/인지적 건강상태, 교통상황 등이 있으며, 환경노출과 관련한 모니터링 분야는 실내환경, 대기환경 및 공기질, 수질, 소음, 재난, 에너지 소비, 농업, 폐기물관리, 야생동물 및 생태 다양성, 열 쾌적성, 시각적 쾌적성 등이 있다(Table 1). 본 연구에서는 선행연구를 통해 구분된 모니터링 분야를 토대로 국내 도시에서 도입되고 있는 모니터링 서비스의 현황을 파악해 보고자 한다.

II. 선행연구

1. 스마트건강도시

현대 건강도시 운동을 주도하고 있는 세계보건기구(World Health Organization)는 건강도시를 “시민의 삶의 기능을 온전하게 수행하고 잠재력을 극대화할 수 있도록 지역사회의 물리적·사회적 환경자원을 만들어가고 개선하며 확장하기 위해 노력하는 도시”로 정의하고 있다(WHO, 1998). 이는 질병의 원인을 제거함으로써, 건강에 도달하는 질병근원론(pathogenesis)을 넘어 건강을 유지해 주는 조건에 초점을 맞추는 건강생성론(salutogenesis)에 기반한 도시 모델로 더욱 나은 건강 상태를 도모하기 위해 끊임없이 긍정적인 도시자원을 생성하고 연계·활성화 시키는 것에 초점을 둔다(Maass et al., 2017).

최근 AI, IoT, ICT 등 현대 첨단기술 발달과 함께 스마트 기술을 적용하여 도시자원을 보다 효율적으로 연결하고 활용하는 도시계획 방법이 제안되고 있다. 대표적인 예로 스마트도시는 기술 발달과 함께 2000년대부터 큰 관심을 받기 시작한 개념으로 “웰빙, 포용과 참여, 환경의 질, 지적발전과 같은 도시민의 이익을 위해 ICT, 물류, 에너지 생산 등의 첨단기술을 활용하는 지리적 공간”으로 정의된다(Dameri, 2013; Stübinger and Schneider,

Table 1. Behavior and exposure factors monitored using smart technologies in the literature

Category	Monitoring fields (number of studies)	Ramírez-Moreno et al. (2021)	Coulby et al. (2020)	Andrachuk et al. (2019)	Rhee et al. (2022)	Ullo and Sinha (2020)	Rocha et al. (2021)	Maswadi et al. (2020)	Majumder et al. (2019)
Behavior	Activities of daily living & healthcare (5)	○			○		○	○	○
	Physical activity (4)	○					○	○	○
	Mental wellbeing (2)						○		○
	Traffic conditions (2)	○					○		
Exposure	Atmospheric environment & air quality (5)	○	○	○	○	○			
	Indoor environment (4)		○		○	○		○	
	Water quality (3)	○		○		○			
	Noise (2)		○	○					
	Disaster (2)	○						○	
	Energy consumption (2)	○			○				
	Agriculture (2)			○		○			
	Waste monitoring (1)	○							
	Wildlife & biodiversity (1)			○					
	Thermal comfort (1)		○						
Visual comfort (1)		○							

2020). 스마트도시와 유사하게는 Intelligent City(Komninos, 2006), Digital City(Ishida, 1999), Knowledge City(Edvinsson, 2006), Wired City(Dutton and Kraemer, 1987), U-City(신우재 외, 2015) 등이 있다. 특히 국내에서는 2008년 “유비스쿼터 도시(U-City)의 건설 등에 관한 법률”이 제정되고 2017년 “스마트도시 조성 및 산업진흥 등에 관한 법률”로 개정되면서 국민 삶의 질 향상을 위해 스마트도시를 조성할 수 있는 법적 기반이 마련되었다. 이를 토대로 국가와 지자체는 스마트도시종합계획, 스마트도시계획, 국가시범도시건설사업 등을 통해 교통, 산업, 환경, 건강 등 다양한 분야에서 스마트 기술을 적용한 스마트도시 서비스를 제공하고 있다. 이러한 첨단기술을 적용한 도시 모델은 도시를 물리적 개발의 대상으로 보는 것에서 디지털 인프라를 통한 정보 공유체계 및 지식수준을 향상시킬 수 있는 대상으로 바라본다는 점에서 현대적 의미의 건강도시 개념과 공통 분모를 가진다(Kamel Boulos and Al-Shorbaji, 2014).

최근 코로나19 팬데믹, 건강 불평등, 도시환경의 지역 불균형, 고령화, 기후변화 등의 도시문제 심화로 인해 21세기의 새로운 도시 모델로서 스마트도시와 건강도시의 결합 가능성에 대한 논의가 시작되고 있다. 2014년 WHO에 의해 개최된 국제 건강도시 컨퍼런스에서는 “스마트하고 혁신적인 도시” 세션을 독립적으로 마련하여 행복한 도시를 만들기 위한 사물인터넷 기술의 역할과 장점, 기술을 통해 사람을 연결함으로써 행복하고 포용적인 스마트 커뮤니티 조성 방안을 논의하였다(Kamel Boulos et al., 2015). 또한, Mouton et al.(2019)은 2018년 스마트시티 담론에 인구 건강과 건강 불평등을 통합하기 위한 심포지엄을 열어 지역 사회 수준에서의 건강증진과 건강 불평등 해소를 위해서는 디지털 기술이 매개된 연결성이 필수적임을 강조하였다. 국내에서는 2022년 건강증진개발원에서 주최한 “한국형 스마트건강도시 설계를 위한 한-영 국제세미나”에서 국내외의 스마트도시와 건강도시 최신 동향을 공유함으로써 스마트건강도시 조성을 위한 토론의 장을 마련하였다.

국내 외의 높은 관심에서 볼 수 있듯이 스마트건강도시는 첨단 기술과 정보인프라를 활용하여 시민들의 지식수준, 참여율, 건강 역량을 높일 수 있는 도시 모델로서 잠재력이 크다. 그러나 스마트건강도시에 대한 논의가 짧았던 만큼 개념적 정의, 구성요소, 사업방식 등에 아직 모호함이 있으며, 국내에서 스마트건강도시 사업에 대한 수요 및 사업 실행 역량에 대한 이해도 부족한 상황이다.

본 논문에서는 현대적 건강증진의 의미를 담아 스마트건강도시를 “스마트기술을 활용하여 지역사회 건강증진 역량을 강화하기 위해 노력하는 도시”로 정의하고, 이를 위해 필요한 데이터를 제공하고 도시 차원의 대응을 가능하게 하는 필수 기술 기반으로 서 건강 및 환경 모니터링 서비스 현황을 분석해 보고자 한다.

2. 건강 및 환경 모니터링

앞서 설명한 것과 같이 도시환경과 밀접하게 관련되는 건강결정요인은 크게 건강에 영향을 미치는 행태(behavior)와 환경적 노출(exposure)로 나누어 볼 수 있다(Frank et al., 2019). 환경적 노출은 공기질, 녹지환경, 소음, 교통안전 등을 말하며 행태는 신체활동, 식습관, 사회활동 등을 뜻한다. 이러한 건강과 관련된 환경 및 행태 요인들은 일시적이고 개별적으로 측정되는 인간 신체 내부의 생체지표와 달리 지속적이고 상호연결되기 쉬운 방식으로 측정될 수 있다는 점에서 도시 차원에서 관리 및 추적이 가능하다. 또한 환경 및 행태적 요인에 대한 모니터링 기술은 실시간으로 데이터를 수집·분석하여 최종 이용자까지 전달됨으로써 급변하는 기후 및 공기질에 시기적절하게 대응하거나 건강취약자의 일상생활을 감지하며 고독사를 방지하는 등의 긍정적 개입을 가능하게 한다. 축적된 데이터는 종합 분석되어 증거 기반의 정책 결정과 과학적인 지역계획을 도울 수 있는 지식으로도 활용 가능하다.

국외에서는 이러한 기술 혁신을 바탕으로 건강 및 환경 모니터링 기술을 제안·활용하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다. 실례로, 주거환경과 관련하여 실내 공기질, 온도 및 습도, 조도 등의 모니터링을 통해 실내 생활공간의 문제를 파악하거나(Ahmed et al., 2017; Deleawe et al., 2010), 이용자의 건강상태와 일상생활 수행능력에 대한 데이터를 수집하고, 리모트 컨설팅, 건강 중재 등의 상호작용을 기술을 통해 맞춤형 서비스를 제공하는 등 비간접 모니터링 기술이 적용되고 있다(Kouris et al., 2020; Ahanathapillai et al., 2015; Andò et al., 2021). 이러한 기술은 응급상황 대처시스템과 연계하여 노인, 건강 위험군, 사회 취약층의 독립적인 생활을 지원하고 있으며, 다양한 인구계층의 삶의 질 향상을 위해 고도화되고 있다. 일상 생활권 및 도시 차원에서는 대기환경 조건과 공기질 모니터링 시스템이 개발되어 인구 계층 및 신체활동 유형에 따라 오염물질 노출을 최소화하기 위한 방안들이 제안되고 있으며(Ali et al., 2015; Laurino et al., 2021; 오창세 외, 2015), 이용자가 주로 사용하는 신체활동 경로, 경로별 이용 빈도 등을 분석하여 도시민의 신체활동 패턴을 추적하거나, 도시환경과 관련한 정신적 웰빙 데이터를 기록함으로써 전반적인 삶의 질 향상을 위한 긍정적 환경자산 발굴하는 기술이 제안되고 있다(Bimbao et al., 2021; Bakolis et al., 2018, MacKerron et al., 2013).

국내에서 또한 데이터플랫폼 및 웨어러블 디바이스를 활용한 건강 및 환경 모니터링 방안이 연구되고 있다. 도시 환경 모니터링과 관련해서는 IoT 기반의 스마트 환경 모니터링 서비스를 스마트도시 통합 플랫폼과 연계함으로써 다양한 도시 정보를 손쉽게 활용할 수 있도록 제안하거나(박수정 외, 2018), 신도시에 위치한 다중이용시설을 대상으로 실내 공기질 측정 센서를 적용한

으로써 개선점을 모색하는 연구가 진행되었다(황규철 외, 2023). 건강 모니터링과 관련해서는 기술의 확대에 따라 스마트 헬스케어 모니터링의 적용 사례와 애로사항을 살펴보거나(홍수형·주병권, 2020), 스마트워치를 활용한 복약 행동 모니터링을 통해 개인 건강관리에 있어서 웨어러블 디바이스의 효과성을 평가하고(정수용 외, 2020), 웨어러블 장치를 기반으로 신체활동 모니터링 기술 및 시스템 개발을 제안하는 연구들이 진행되었다(박은주·박도영, 2018). 특히, 최근 인구 고령화에 따라 독거노인을 대상으로 생체 신호와 환경정보를 수집하여 건강상태를 모니터링함으로써, 고독사 상황을 파악하기 위한 기술을 제안하기도 하였다(허화라·박명철, 2020). 또한, COVID-19의 확산에 따라 개인 단위의 생체인식 장치를 통해 활력징후의 변화를 모니터링할 수 있는 기술을 제안하고 있다(Park et al., 2020; 김수정 외, 2020).

국내외에서 건강 및 환경 모니터링과 관련한 다양한 기술 제안 연구가 진행되고 있음에도 불구하고 많은 연구가 시범 적용 단계에 머물러 있거나 기술 적용이 특정 지역 및 공간에 한정되어 있어 실제로 이용되고 있는 기술의 성숙도 및 기술사용 현황으로 이해하기에는 한계가 있다.

최근 국내에서는 2018년부터 국가 스마트시티 추진 전략을 수립하고, 한국판 뉴딜과 연계하여 스마트시티 육성을 위한 계획을 발표하는 등 각 정부 부처에서 환경 빅데이터 및 공간 데이터의 공공정보 개방 고도화를 통한 민간 데이터 활용·유통 활성화 노력이 이루어지고 있다. 서울특별시, 고양시, 시흥시 등의 지자체에서도 상시 환경모니터링을 위한 사물인터넷(IoT) 기반의 센서 네트워크를 구축하고 민간에 공개하여 지역별 스마트시티의 토대를 마련하기 위한 빅데이터 플랫폼의 고도화·개방화 사업이 추진되고 있다. 본 연구에서는 이러한 국내 실정을 배경으로 각 지자체에서 수립하는 정책계획서에 기반하여 건강 및 환경 모니터링 서비스의 현황과 과제를 도출해 보고자 한다.

III. 분석 방법

1. 분석 대상

국내에서 스마트건강도시를 개념적으로 활용하고 있는 건강 및 환경 모니터링 사업은 미비하지만, 법정계획인 스마트도시계획서와 지역보건의료계획서에서 관련 사업을 찾아볼 수 있다. 지자체는 이 두 계획을 통해 지역에 필요한 스마트도시서비스와 지역보건의료서비스에 대한 계획을 수립하고 있다. 스마트도시서비스는 행정·교통·복지·환경·방재 등 도시의 주요 정보를 수집하고 연계하는 서비스이며, 이는 국민의 건강에 직접적으로 영향을 미치는 보건·의료·복지 분야와 환경·에너지·수자원 분야, 주거 등의 분야의 모니터링 서비스를 포함한다. 지역보건의료계획서는 건강 친화적 환경을 구축하기 위한 스마트 기술 기반의 건강

관리 서비스 개발과 확대를 목표로 하고 있다. 따라서 지자체 차원에서 추진 및 계획하고 있는 스마트건강도시 관련 모니터링 서비스를 효과적으로 파악하기 위해 두 가지 계획을 통합적으로 살펴볼 필요가 있다.

2008년에 제정된 「유비쿼터스도시의 건설 등에 관한 법률」은 2017년 「스마트도시 조성 및 산업진흥 등에 관한 법률(스마트도시법)」로 개정되면서 스마트도시의 효율적인 조성, 관리·운영 및 산업진흥 등에 관한 사항을 규정하였고, 이에 따라 지자체장은 스마트도시계획을 수립할 수 있다. 국토교통부의 스마트시티 종합 포털(www.smartcity.go.kr)에 의하면 2022년 11월 기준 총 26개의 지자체에서 스마트도시계획이 수립되었으며, 각 계획은 2017~2021년을 기준 연도로 하고 있다. 계획의 내용과 구조는 지자체마다 차이가 있으나, 지역적 여건과 수요조사를 바탕으로 스마트도시건설의 기본구상을 수립하고 있으며, 이에 따라 교통·안전·환경·복지·경제·행정 등 부문별 서비스 모델을 제안하고 이를 지원할 수 있는 기반 시설 구축·관리·운영 방안을 제시하고 있다. 특히 모니터링 사업과 관련해서는 정보통신기술, 사물인터넷 등을 활용하여 대기환경 및 공기질, 수질, 교통량 등에 대한 도시환경 데이터를 수집하고 통합적으로 관리할 수 있는 플랫폼을 구축하고 재난 또는 지역 수준의 비상 상황에 효율적으로 대처하도록 하고 있다. 스마트도시계획은 지자체 수준에서 의무 계획이 아니기 때문에 지자체별 계획 수립 여부에 차이가 있으며, 본 연구에서는 스마트시티 종합포털을 통해 구득할 수 있는 스마트도시계획 총 26개를 검토하여 관련 사업의 현황을 분석하였다. 단, 스마트시티 종합 포털에 명시되어 있지 않는 지자체 계획서 또는 데이터 수집 시점에서 수립 중인 계획서의 내용은 포함되지 않았다.

한편, 1995년에 제정된 「국민건강증진법」에 의하면 보건복지부 장관은 질병 사전 예방 및 건강증진을 위한 중장기 정책 방향을 제시하는 국민건강증진종합계획을, 지자체장은 국가 단위 종합계획을 기초로 하여 소관 주요 시책의 실행계획인 매년 수립해야 하는데, 이는 2009년부터 「지역보건법」에 따른 지역보건의료계획으로 수립한다. 한국건강증진개발원(www.khepi.or.kr)에 따르면, 2022년 11월 기준 총 235개의 시·군·구에서 지역보건의료계획이 수립되었다. 각 계획은 제6기 지역보건의료계획의 종료 시점에 맞춰 2019년 초에 수립되었으며, 지역별 보건의료 수요 측정을 바탕으로 지역 보건의료서비스의 공급 대책을 마련, 효과적 공급을 위한 자원 조달 및 전달체계 구성 방안을 수립하고 있다. 지역보건의료계획에는 의료 취약지에 대한 원격 화상 진료 및 방문 건강관리 사업, 치매 환자를 대상으로 한 실종 예방 사업, 만성질환자를 대상으로 한 자가관리 지원 사업 등 주로 취약계층을 대상으로 한 사업을 계획하고 있다.

「지역보건법」은 국내 지자체를 6가지 도시유형으로 구분하여 보건소에 필요한 의료인에 대한 최소 배치 기준을 정하고 있으며, 이는 질병관리청의 지역사회건강조사에서도 반영되어 지역

사회건강 실태조사 결과를 분석하는 기준이 되고 있다. 도시유형에 따른 의료서비스 필요도, 건강행태 특성, 이환 및 의료 이용률 등의 차이는 건강 및 환경 모니터링의 수요와 기술 인프라 수준의 차이로 이어질 수 있다. 본 연구에서는 「지역보건법」에 따른 도시 구분을 활용하여 도시 특성별 건강행태 및 환경 모니터링 서비스의 현황과 차이점을 조사하였다. 이러한 도시유형을 기준으로 층화표본추출법(Stratified Random Sampling)을 이용하여 유형별 30%에 해당하는 총 71개 지역보건의료계획서를 추출하여 분석하였다(Table 2).

2. 분석 방법

선별된 계획서를 바탕으로 환경적 노출 및 건강행태를 모니터링하는 사업을 조사하였다. 각 모니터링 사업은 앞서 선행연구를 통해 제시한 분석의 틀(Table 1)에 기반하여 분류하고 사업 수를 파악함으로써, 국내 모니터링 서비스의 범위와 주요 사업영역을 분석하였다. 계획서에 명시된 사업 내용은 지자체 수준에서 도입 가능성이 높은 모니터링 서비스를 파악하는 데 도움이 된다. 단, 예산확보 문제, 기술 적용의 어려움 등으로 인하여 사업계획이 변경되거나 사업추진이 보류되는 경우를 고려하여 관련 보도자료, 해당 사업 예산지출 현황, 연차별 시행계획서 등을 참고하여 사업별 추진 여부를 추가로 분석하였다. 이때 검토한 자료에서 모니터링 사업의 추진결정, 추진현황, 추진결과 등에 대한 내용을 확인한 경우에만 추진되었다고 판단하였고, 추진현황을 알 수 없는 경우에는 미추진으로 구별하여 실제 시행된 사업현황보다

적게 추산되었을 가능성이 있다.

또한, 모니터링 사업명을 이용하여 사업이 적용되는 공간적 범위에 따라 워드클라우드(Word Cloud)를 만들어 키워드 분석을 진행하였다. 워드클라우드에는 서로 다른 크기 또는 색깔로 빈번하게 나타나는 키워드를 묶어서 보여주는 시각 매체로 건강 및 환경 모니터링에 대한 지자체의 사업추진 목적과 방향성을 효과적으로 요약해서 보여줄 수 있다.

공간적 범위 및 기술 분야에 따른 분류에 더하여, 사업별 목적과 방법, 타깃인구, 관련 인프라, 소요 예산, 핵심성과지표(Key Performance Indicator, KPI)에 대한 정보를 추가로 추출하여 기술 분야에 따른 추진계획과 기술 적용 현황을 구체적으로 파악하였다.

건강 및 환경 모니터링 서비스를 다양한 공간적 범위와 도시유형으로 구분하여 분석함으로써 모니터링 분야, 타깃 인구 계층, 기술인프라 수준, 성과관리 방안 등에 대한 지자체별 공통점과 차이점을 파악할 수 있으며, 이를 통해 국가 및 지자체 수준에서 모니터링 서비스를 향상하기 위한 과제를 도출하였다.

IV. 분석 결과

1. 건강 및 환경 모니터링 서비스 주요 분야

국내 건강 및 환경 모니터링 서비스의 주요 분야는 행태요인과 관련한 4가지, 노출요인과 관련하여 5가지로, 총 9가지로 나타났다(Table 3). 계획서상에서 재난, 에너지소비, 폐기물 관리 등 다

Table 2. Government plans investigated in this study

City size (도시 크기)	City categories from regional public health act (지역보건법에 따른 도시 구분)	Smart city plan (스마트도시계획)		Community health and medical care plan (지역보건의료계획)	
		Total number of plans (총 계획서 수)	Number of plans investigated (조사된 계획서 수)	Total number of plans (총 계획서 수)	Number of plans investigated (조사된 계획서 수)
Large (큼)	Districts of Seoul metropolitan city (특별시의 구)*	1	1	26*	8*
	Districts of other metropolitan cities (광역시외의 구)	14	14	81	24
	Cities with a population of less than 300,000 (인구 30만 명 미만인 시)	3	3	11	3
	Cities with a mixed urban-rural type of development (도농복합도시)	6	6	40	12
	Small towns (일반군)	2	2	62	19
Small (작음)	Small towns with a public health clinic (보건의료원이 설치된 군)	0	0	15	5
Total		26	26 (100%)	235	71 (30%)

* Smart City Plans are mostly established at the city level while Community Health and Medical Care Plans exist at the city level as well as at the district level. Considering the unique characteristics of Seoul (highly populated and dense), the analysis was conducted by additionally including the Seoul Metropolitan Government's city-level plan separately from the analysis target extraction method described in the main text. (스마트도시계획의 경우 시 단위에서 계획이 수립되고 있으며, 지역보건의료계획은 구 단위뿐 아니라 시 단위 계획도 존재함. 타 지자체와는 다른 서울특별시의 특수성을 고려하여 본문에서 설명한 분석 대상 추출 방법과는 별개로 서울특별시 시 단위 계획을 추가로 포함하여 분석을 진행함.)

Table 3. Environmental and health monitoring projects in local government plans

Category	Monitoring fields	Spatial scopes	Description	Number of projects in plans (Number of projects implemented)			
				Smart city plan	Community healthcare plans	Total	
Behavior	Activities of daily living & healthcare	Home	Monitoring of residential-based health status (blood sugar, blood pressure, medication management, etc.) and activities of daily living (indoor activities, gas/electricity usage, etc.) through home visit services, care services, home treatment, etc.	23(20)	63(62)	86(82)	
		Neighborhood	Monitoring of health status (blood sugar, blood pressure, nutritional status, body fat, etc.) and activities of daily living (physical activities, dementia patients' ability to perform daily tasks, etc.) at the community level through health centers, community centers, and district offices	10(7)	56(56)	66(73)	
		City	Monitoring using mobile apps, IoT communication devices, CCTV, and other technologies to track the location and monitor the health status of vulnerable populations and to prepare for emergency situations throughout the entire urban area	7(7)	12(10)	19(17)	
	Physical activity	Neighborhood	Monitoring of physical activity (exercise amount, heart rate, calorie consumption, etc.) at the community level through health centers, gyms, parks, etc.	5(1)	1(1)	6(2)	
		City	Monitoring physical activity (e.g. step counts) of urban residents using mobile apps	1(0)	4(4)	5(4)	
	Mental well-being	City	Monitoring mental wellbeing (quality of life, happiness, mental well-being, etc.) of urban citizens through mobile apps	0(0)	1(1)	1(1)	
	Traffic conditions	City	Monitoring of traffic situations (traffic volume, average speed, accidents, etc.) and transportation infrastructure (school routes, bike lanes, pedestrian environment, etc.) to respond to risks caused by traffic accidents, population density, road conditions, etc.	10(7)	1(1)	11(8)	
	Exposure	Indoor environment	Home	Monitoring of indoor environmental factors in residential spaces such as indoor fine dust, temperature/humidity, inter-floor noise, etc.	4(2)	0(0)	4(2)
		Smell	Neighborhood	Monitoring of unpleasant odors concentrated in specific target areas within the city, such as livestock farms, old industrial complexes, and hazardous chemical handling facilities	4(4)	0(0)	4(4)
		Atmospheric environment & air quality	City	Monitoring of air quality (such as temperature, humidity, and fine dust) and ambient air pollution (such as fine dust) focused on specific areas (industrial complexes, traditional markets, downtown areas, etc.) and the entire urban area	26(22)	2(2)	29(24)
Water quality		City	Real-time monitoring and management of water quality in the water supply process using ICT technology and monitoring to respond to large-scale water quality accidents	7(6)	0(0)	7(6)	
Integrated environment		City	An integrated urban environmental monitoring platform that includes environmental information affecting the health of urban residents, such as urban infrastructure, air quality, transportation, disasters, etc.	9(8)	0(0)	9(8)	
Total sum					107(84)	140(137)	247(221)

른 환경적 노출 요인 관련 모니터링 사업도 나타났지만, 사업의 목표에서 건강증진 관련성을 찾을 수 없어 제외하였다.

모니터링 서비스 분야별 사업 수를 비교해 보면(Figure 1), 스마트도시계획에서는 행태와 노출요인에 대하여 비교적 골고루 모니터링 서비스를 제공하고 있지만, 지역보건의료계획서에서는 행태요인 중 특히 건강상태 및 일상생활 모니터링에 초점을 맞추고 있는 것을 알 수 있다. 계획서 상의 사업의 추진현황을 살펴보면(Table 3) 지역보건의료계획서 상에 나타난 계획의 경우 실제 추진율이 높게 나타났으나, 스마트도시계획의 경우 추진되고 있는 사업의 빈도가 107개 중 84개 정도로 적게 나타나고 추진 여부가 모호한 경우가 일부 있었다.

각 모니터링 분야별 세부적인 사업 내용은 다음과 같다.

1) 건강행태 모니터링

행태 요인과 관련한 주요 모니터링 분야는 크게 건강상태 및 일상생활, 신체활동, 정신적·인지적 건강상태, 교통상황으로 나뉘었다. 먼저, 건강상태 및 일상생활 모니터링은 주거환경 수준에서부터 근린생활권 내 커뮤니티 센터와 도시 전역까지 다양한 공간적 범주에서 추진되었다. 주거환경 수준에서는 독거노인이나 재가 장애인, 1인 가구 등 사회취약계층을 대상으로 하는 방문 서비스, 돌봄 서비스, 재택 치료 서비스와 연계되었고, 근린생활권 수준에서는 주민센터, 동사무소, 보건소 등의 커뮤니티 시설에서 모니터링 서비스가 제공된다. 또한 도시 전 지역에 걸쳐 사회적 약자의 위치추적, 건강 상태 확인, 응급상황 대비를 위한 모니터링으로 실종 및 위급상황 발생 시 신속히 대응하고, 주민 스스로 질병 예방 및 건강역량을 강화하기 위한 목적으로 이용되기도 하였다. 모니터링 서비스의 주요 내용은 혈당, 혈압, 영양상태, 복약 관리, 체지방 등의 지역주민의 건강상태를 체크하거나 활동

량, 가스 및 전기 사용량, 치매 환자 생활 범위 이탈 여부 등을 체크하여 일상생활과 관련한 활동을 모니터링한다. 이와 관련된 기술로는 방문 서비스를 위한 전용 모바일 앱, 인공지능 로봇, 활동량 감지기, 인공지능스피커, 헬스케어 플랫폼, 침입감지센서, 화재감지센서, 가스/수도 센서, 응급호출기, GPS 통신장치, 건강측정 키오스크 등이 포함된다. 모니터링의 핵심성과지표(KPI)는 서비스 등록 이용자 수, 만족도 조사, 방문건강관리 보건복지 서비스 연계율, 기기 보급 대수, 건강행태 개선율, 주민참여제도 운영 건수 등으로 구성하고 있다.

신체활동 모니터링은 보건소, 체육관, 공원 등 근린생활권 내 시설을 중심으로 수행되거나 모바일 앱을 통해 전체 지역주민을 대상으로 건강생활 습관 실천을 도모하기 위하여 추진되었다. 모니터링 서비스의 주요 내용은 야외 체육 기구와 개인 스마트폰을 연동하여 운동량, 심박수, 칼로리 소모량 등을 이용한 신체활동을 모니터링하거나, 3차원 가상현실(VR)프로그램을 통해 실내 공간에서 운동을 높이처럼 즐길 수 있는 콘텐츠 개발, 모바일 앱을 통한 신체활동 모니터링 및 인센티브 제공 프로그램 운영 등이 포함되었다. 관련 기술로 운동량 측정기기, VR 기기, IoT 기반 야외 체육 기구, 공공Wi-Fi, 모바일 앱 연동 체육기구, 걸음 수 및 신체활동량 측정이 가능한 모바일 앱 등이 포함된다. 대부분의 신체활동 모니터링 사업에서 구체적인 성과지표를 제시하지 않았지만, 일부 사업에서 걷기 실천율을 성과지표로 활용하고 있었다.

정신적 웰빙 모니터링은 지역주민 전체를 대상으로 자신의 정신건강 상태(삶의 질, 행복도, 정신적 웰빙 등)를 파악하고 정신건강 서비스의 접근성을 높이기 위한 모니터링으로, 주로 전용 모바일 앱을 이용해서 정신적 건강 상태를 측정하고 필요에 따라 온라인 마음 건강 상담 서비스, 스마트 정신건강 교실 등의 서비스가 포함된다. 성과지표로 정신건강 서비스 제공률, 게이트키퍼

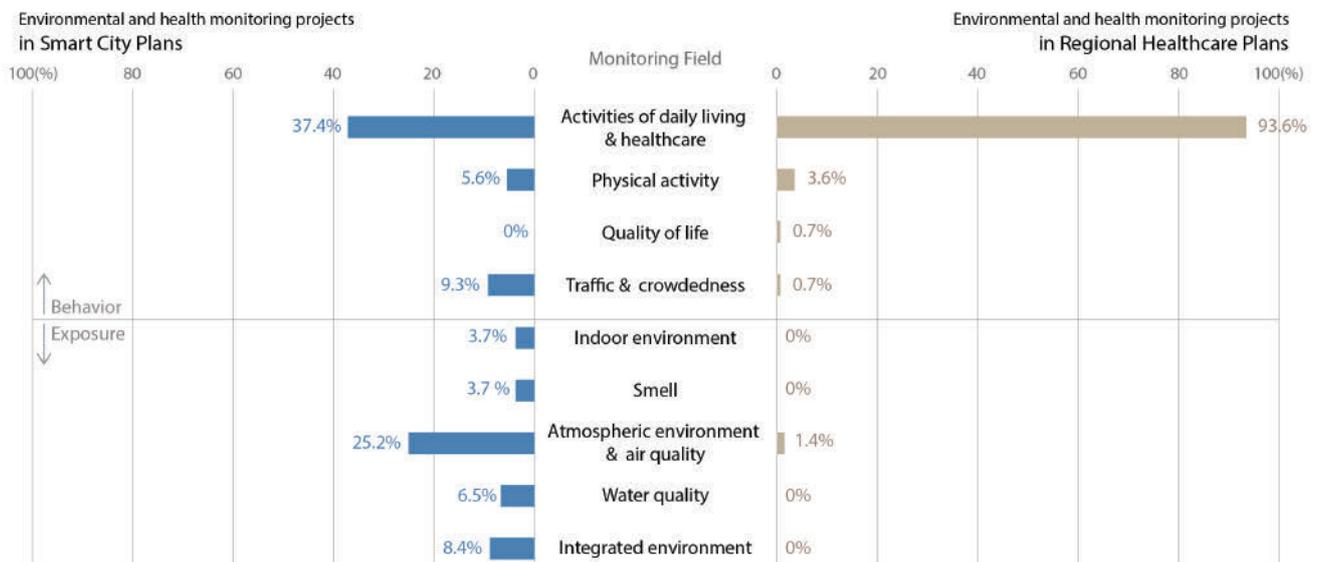


Figure 1. Proportions of environmental and health monitoring projects in local government plans by monitoring field

양성 교육 이수자 수, 자살률 등이 있다.

교통상황 모니터링은 도시 내 교통사고, 인구 밀집, 노면 상태 등에 의한 외상위험 대비를 위한 교통상황(교통량, 구간속도, 차 사고 등) 및 교통인프라(통학로, 자전거도로 통행환경, 보행환경 등) 모니터링으로, 교통약자를 포함한 시민들에게 안전하고 편리한 이동 환경을 제공하고, 유동 인구 파악을 통한 사고위험을 해소하고자 한다. 사용되는 기술은 CCTV, 속도감지기, 차량용 GPS 단말기, 보행자 감지기, 스마트 스피커, GIS 플랫폼 등이 있으며, 많은 경우 성과지표가 미비하지만, 일부 전용 앱 설치 건수와 이용자의 서비스 만족도에 의해 성과를 평가한다.

2) 환경적 노출 모니터링

환경적 노출 요인과 관련한 주요 모니터링 분야는 실내 환경, 악취, 대기환경 및 공기질, 수질, 통합 도시환경으로 나타났다.

실내 환경 모니터링과 관련해서는 실내 주거환경 내 미세먼지, 온도, 습도, 층간소음 등을 측정하여 거주환경의 질을 평가하는 사업이 나타났다. 사업에 따라 자동제어 시스템과 연계되어 공기정화, 제습기 가동, 층간소음 알림서비스 등의 서비스가 포함되기도 한다. 관련된 기술로는 층간소음 감지 센서, 미세먼지 센서, 모바일 애플리케이션, 온습 장치, 환기 제어 시스템 등이 있다. 한편, 핵심성과지표는 계획서상에 설정되지 않은 경우가 많으나, 드물게 시민 체감 층간소음 감소율 등의 서비스 이용자에 의해 평가되는 지표를 이용하도록 하고 있다.

특히 주거 공간 단위의 사업 중 층간소음 감지 시스템을 통해 이웃 간 분쟁을 방지·해결하기 위한 사업이 특징적으로 나타난다. 층간소음 문제는 오래전부터 독일, 미국, 중국 등의 국가에서 문제시되어 왔으나, 주로 경량 층격음에 대해 다루어졌을 뿐 아니라 상대적으로 고층 공동주택의 비율이 낮아 국가적인 문제로 확장되지는 않았다(서재찬·김진국, 2016). 그러나 우리나라는 다수의 인구가 공동주택에서 생활함에 따라 층간소음 관련 민원이 지속해서 발생하고 있으며, 더 나아가 층간소음에 의한 사건·사고가 매년 증가하면서 심각한 사회문제로 대두되고 있다(박영민, 2021). 이에 따라 층간소음 문제를 해결하기 위해 2014년 「공동주택 층간소음의 범위와 기준에 관한 규칙」을 제정하였으며, 2016년에 제정한 「공동주택관리법」에는 층간소음의 방지 등(제 20조)에 관한 사항을 정하는 등 국가적 해결 방안을 마련하기 위한 다양한 조치가 이루어지고 있다. 이에 대한 기술적 해결 방안의 일환으로 데이터 기반의 층간소음 측정 및 분석 서비스가 일부 지자체에서 계획되고 있다.

악취 모니터링은 축사, 노후 산업 단지, 유해 화학 취급 시설 등 도시 내 악취 및 오염물질이 집중될 것으로 예상되는 지역을 선정하여 수행되며 복합악취를 감지하여 관리기관에 오염정보를 전달하거나 악취 근원지를 추적하기 위해 사용된다. 관련 기술로는 악취센서, CCTV, 통합 관리 플랫폼 등이 있으며, 핵심성과지

표는 계획서상에서 설정되지 않았다.

대기환경/공기질 모니터링은 공단, 전통시장, 도심지 등 공기질 관리 및 미세먼지 저감이 요구되는 도시공간에 집중되어 수행되거나, 도시 전역을 대상으로 기준치 이상의 공기질 수치가 감지될 시 즉각적으로 대응할 수 있는 정보를 제공하는 데 쓰이기도 하였다. 대기환경(온도, 습도 등) 및 공기질(미세먼지 등) 모니터링 서비스 내용은 공기질 향상과 인식 제고를 위해 미세먼개 분무 서비스, 공기정화 이끼타워, 시민을 위한 정보제공 서비스 등을 포함한다. 관련 기술로는 미세먼지 측정 센서, 미세 안개 분무 시스템, 미세먼지 센서가 부착된 드론, 미세먼지 신호등 등이 있다. 구체적인 핵심성과지표는 미세먼지 저감량, 시민 만족도, 센서의 비정상 작동 오류율 등이 포함된다.

수질 모니터링은 수돗물 공급 과정에 ICT 기술을 접목하여 실시간으로 수질을 감시 관리하는 모니터링 서비스로, 수돗물 수질 정보를 전광판과 스마트폰 앱을 통해 실시간으로 제공하고 대형 수질 사고에 신속한 대응이 가능하도록 데이터를 지원한다. 수질 모니터링에 사용되는 기술은 수질 측정 센서, 수압계, 수도 누수 탐지기, 원격 검침기, 모바일 앱, 미디어 보드, 운영관리 통합 플랫폼 등이 있으며, 핵심성과지표는 설정되어 있지 않다.

통합 도시 환경 모니터링은 도시 인프라 현황, 대기환경, 교통, 재난 등 도시민 건강에 영향을 미치는 환경정보를 포함한 통합 도시환경 모니터링 플랫폼으로 지역 생활에서 시민의 안전 및 복지 향상을 위한 기반으로써 필요한 정보를 쉽고 빠르게 접할 수 있는 시스템 구축한다. 통합 도시환경 모니터링 성과는 공공데이터 보급 건수, 통합플랫폼 연계 서비스 수에 의해 평가된다.

2. 건강 및 환경 모니터링 서비스의 공간적 범위와 사업 특성

모니터링 서비스는 모니터링의 목적과 타깃 인구층에 따라 서비스가 적용되는 공간적 범위가 다르게 나타났다(Table 3). 모니터링이 적용된 공간적 범위(주거, 근린주구, 도시)에 따라 사업을 분류하고 사업명을 활용하여 키워드를 분석해 본 결과(Figure 2), 공간적 범위에 따라 주로 관찰되는 모니터링의 목적이나 타깃 인구 등이 다르다는 것을 볼 수 있다. 주거 공간 단위의 모니터링에서는 '서비스', '취약계층', '건강관리', '방문 건강관리', '독거노인'에 대한 사업 계획 빈도가 높게 나타나며, 건강 취약층 및 사회적 약자에 대한 맞춤형 사업이 주를 이루는 경향이 있다. 근린주구 단위의 모니터링에서는 '치매안심센터', '스마트', '헬스케어', '서비스' 등 보건소 또는 동 주민센터에서 추진하는 사업 관련 용어가 부각되어 나타나며, 생명 존중, 자살 예방, 건강관리 등 행태적 변화와 관련된 용어가 포함되어 있다. 도시 단위 모니터링에서는 '서비스', '스마트', '미세먼지', '모니터링', '구축' 등 환경관찰 및 환경개선 관련 용어가 주를 이루고 있다. 공간 규모에 따라 세

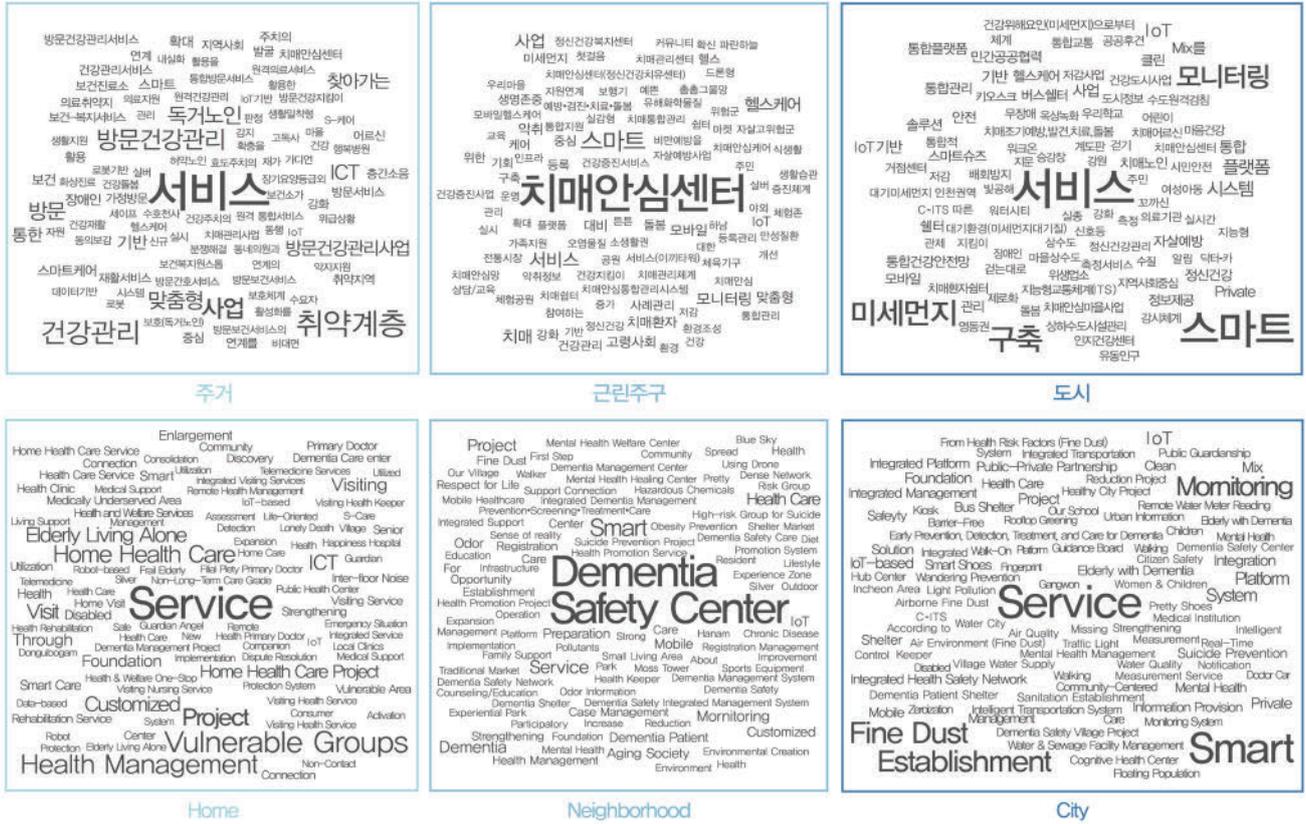


Figure 2. Word clouds of environmental and health monitoring project names by spatial scopes

부적인 모니터링 사업 분야와 내용은 다음과 같다.

모니터링 서비스의 분야별 공간적 범위와 사업 특성의 구체적 인 내용은 아래와 같다.

1) 건강행태 모니터링

건강상태 및 일상생활 모니터링의 경우 주거환경 수준에서부터 근린생활권 내 커뮤니티 센터와 도시 전역까지 다양한 공간적 범 주에서 추진되었다. 주거환경 수준에서는 독거노인이나 재가 장 애인, 1인 가구 등 사회취약계층을 대상으로 하는 방문 서비스, 돌봄 서비스, 재택 치료 서비스와 연계되었고, 근린생활권 수 준에서는 주민센터, 동사무소, 보건소 등의 커뮤니티 시설에서 모니터 링 서비스가 제공된다. 또한 도시 전 지역에 걸쳐 사회적 약자의 위치추적, 건강상태 확인, 응급상황 대비를 위한 모니터링으로 실 종 및 위급상황 발생 시 신속히 대응하고, 주민 스스로 질병 예방 및 건강역량을 강화하기 위한 목적으로 이용되기도 하였다. 모니터 링의 핵심성과지표(KPI)는 서비스 등록 이용자 수, 만족도 조 사, 방문 건강관리 보건복지 서비스 연계율, 기기 보급 대수, 건강 행태 개선율, 주민참여제도 운영 건수 등으로 구성하고 있다.

신체활동 모니터링은 보건소, 체육관, 공원 등 근린생활권 내 시설을 중심으로 수행되거나 모바일 앱을 통해 전체 지역주민을 대상으로 건강생활 습관 실천을 도모하기 위하여 추진되었다. 대 부분의 신체활동 모니터링 사업에서 구체적인 성과지표를 제시

하지 않았지만, 일부 사업에서 걷기 실천율을 성과지표로 활용하 고 있었다.

정신적 웰빙 모니터링은 지역주민 전체를 대상으로 자신의 정 신건강 상태(삶의 질, 행복도, 정신적 웰빙 등)를 파악하고 정신 건강 서비스의 접근성을 높이기 위한 목적을 가진다.

교통상황 모니터링은 도시 내 교통사고, 인구 밀집, 노면 상태 등에 의한 외상 위험 대비를 위한 교통상황(교통량, 구간속도, 차 사고 등) 및 교통인프라(통학로, 자전거도로 통행환경, 보행환경 등) 모니터링으로, 교통약자를 포함한 시민들에게 안전하고 편리 한 이동환경을 제공하고, 유동인구 파악을 통한 사고위험을 해소 하기 위해 추진된다. 많은 경우 성과지표가 미비하지만, 일부 전용 앱 설치 건수와 이용자의 서비스 만족도에 의해 성과를 평가한다.

2) 환경적 노출 모니터링

실내 환경 모니터링과 관련해서는 실내 주거환경 내 미세먼지, 온도, 습도, 층간소음 등을 측정하여 거주환경의 질을 평가하는 사업이 나타났다. 특히 주거 공간 단위의 사업 중 층간소음 감지 시스템을 통해 이웃 간 분쟁을 방지·해결하기 위한 사업이 특징 적으로 나타난다. 핵심성과지표는 계획서 상에 설정되지 않은 경 우가 많으나, 드물게 시민체감 층간소음 감소율 등의 서비스 이 용자에 의해 평가되는 지표를 이용하도록 하고 있다.

악취 모니터링은 축사, 노후 산업 단지, 유해 화학 취급 시설

등 도시 내 악취 및 오염물질이 집중될 것으로 예상되는 지역을 선정하여 수행되며 복합악취를 감지하여 관리기관에 오염정보를 전달하거나 악취 근원지를 추적하기 위해 사용되며 핵심성과지표는 계획서상에서 설정되지 않았다.

대기환경 및 공기질 모니터링은 공단, 전통시장, 도심지 등 공기질 관리 및 미세먼지 저감이 요구되는 도시공간에 집중되어 수행되거나, 도시 전역을 대상으로 기준치 이상의 공기질 수치가 감지될 시 즉각적으로 대응할 수 있는 정보를 제공하는 데 쓰이기도 하였다. 구체적인 핵심성과지표는 미세먼지 저감량, 시민 만족도, 센서의 비정상 작동 오류율 등이 포함된다.

수질 모니터링은 도시 전역의 수도물 공급 과정에 ICT 기술을 접목하여 실시간으로 수질을 감시 관리하는 모니터링 서비스 핵심성과지표는 설정되어 있지 않았다.

통합 도시 환경 모니터링은 도시 인프라 현황, 대기환경, 교통, 재난 등 도시 전역을 대상으로 지역주민의 건강에 영향을 미치는 환경정보를 포함한 통합 도시환경 모니터링 서비스로 서비스의 성과는 공공데이터 보급 건수, 통합플랫폼 연계 서비스 수에 의

해 평가된다.

3. 도시유형별 건강 및 환경 모니터링 서비스 현황 및 사례

건강 및 환경 모니터링 사업 현황을 도시유형별로 구분해 보면 모니터링 서비스의 주요 분야, 사업의 공간적 범위, 사업의 대상 등에서 차이를 보인다. 모든 도시유형에서 건강상태 및 일상생활 모니터링 사업이 큰 비중을 차지하고 있다는 점은 유사하나, 다른 사업영역들에서는 도시유형별 차이가 명확하게 나타난다. 특·광역시와 같은 대도시와 인구 30만 명 미만의 시, 도농복합 형태의 시와 같은 중소도시의 경우에는 건강행태 모니터링과 환경적 노출 모니터링 서비스가 비교적 균형적으로 제시되는 반면, 일반 군과 보건 의료원이 설치된 군과 같은 소도시의 경우 건강행태 모니터링 중 특히 건강상태 및 일상생활 모니터링에 사업 대부분이 집중되어 있다. 도시유형별 주요 모니터링 사업 영역(Figure 3) 과 구체적인 사업 내용은 <Table 4>와 같다.

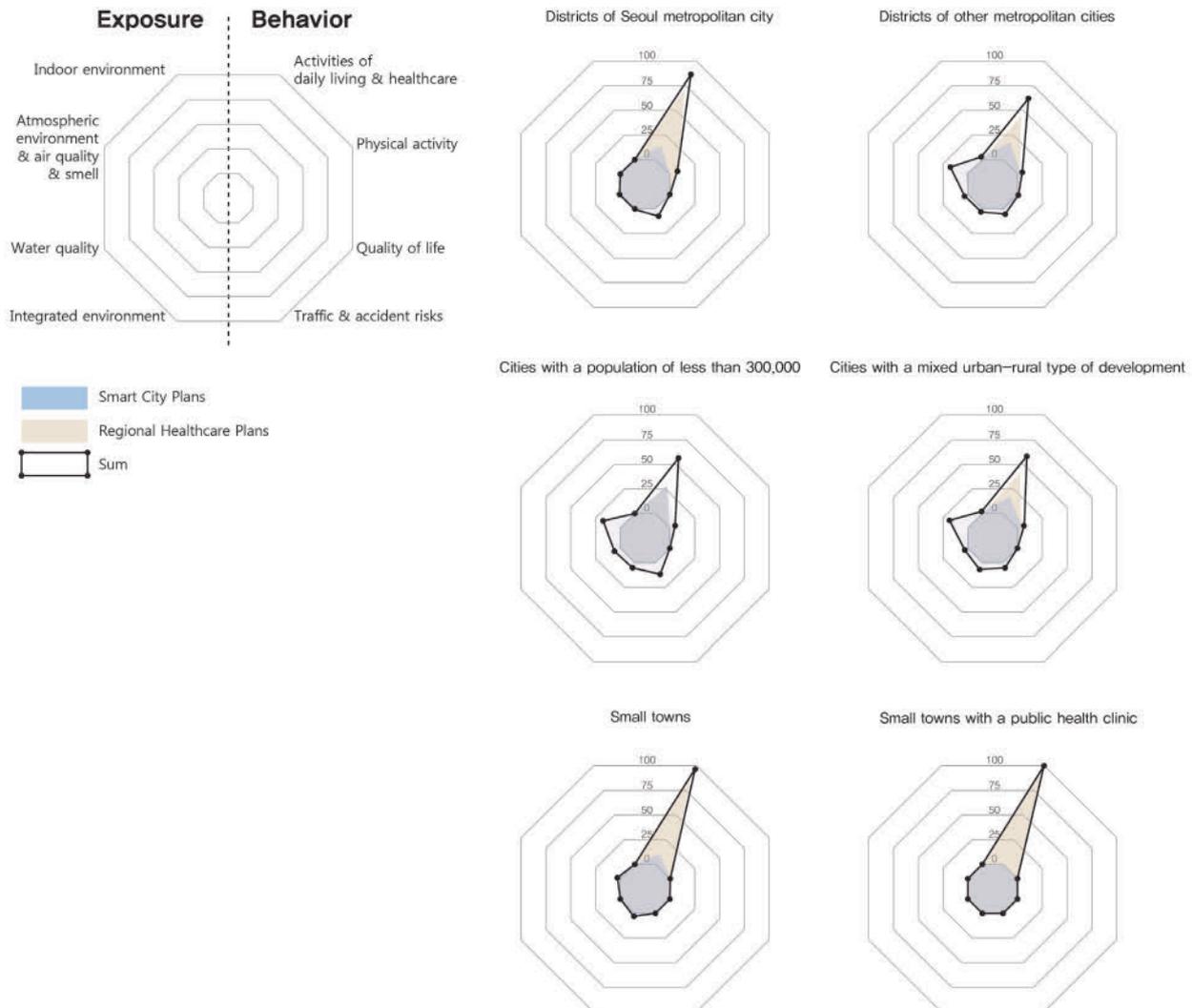


Figure 3. Distribution of behavior and environmental monitoring projects by city type

Table 4. Top three fields of environmental and health monitoring by city type

City type	Major monitoring service			Target	Example of services	Example of performance indicators	
	Category	Field	Spatial scope				
Large cities	Districts of Seoul metropolitan city	Behavior	Activities of daily living & healthcare	City (57.1%)	General citizens, older adults, children, pregnant women	Seoul: Establishment of a smart healthcare system	Number of project participants, Registration managers
				Neighborhood (14.3%)	General citizens, older adults, children, pregnant women	Dobong-gu, Seoul: Suicide prevention project	Rate of experience with depression
				Home (14.3%)	Solitary older adults, dementia patients	Seoul: Prevention of safety accidents for vulnerable older adults populations, Gangnam-gu, Seoul: Customized case management services for dementia patients	Number of households equipped with devices, Rate of dementia screening
	Districts of other metropolitan cities	Behavior	Activities of daily living & healthcare	Home (27.7%)	Solitary older adults, dementia patients, chronically ill patients with impaired mobility	Kimhae: Smart care service for solitary older adults individuals, Changwon: Customized health management services for vulnerable populations	Number of service provisions, Registration management rate for solitary older adults
				Neighborhood (25.7%)	Older adults, dementia patients, high-risk groups for suicide, general citizens	Nam-gu, Busan: Dementia safety network based on dementia care center, Pyeongtaek: Smart healthcare service	Dementia patient registration rate, Number of device distributions
				Exposure	Atmospheric environment & air quality	City (14.9%)	General citizens
Medium-sized cities	Cities with a population of less than 300,000	Behavior	Activities of daily living & healthcare	Neighborhood (33.3%)	General citizens, older adults, children	Gwacheon: Care market platform service, Guri: Smart community center	Service registration rate
				Home (22.2%)	Solitary older adults, severely disabled individuals, other health vulnerable groups	Hanam: Together service for older adults living alone, Uiwang: Visiting health management service for vulnerable populations	Number of newly registered households, Satisfaction rate of visiting services
	Cities with a mixed urban-rural type of development	Behavior	Activities of daily living & healthcare	City (11.1%)	General citizens	Guri: Real-time traffic situation monitoring	Reduction amount of traffic volume
				Home (39.0%)	Solitary older adults, single-person households, people with disabilities, other health vulnerable groups	Suncheon: The emergency safety alert service for older adults living alone, Gangneung: The service for preventing loneliness and suicide of single-person households	Service registration rate, User satisfaction, Number of registration managers

다음페이지에 계속(Continued on next page)

City type	Major monitoring service			Target	Example of services	Example of performance indicators	
	Category	Field	Spatial scope				
Medium-sized cities	Cities with a mixed urban-rural type of development	Behavior	Activities of daily living & healthcare	Neighborhood (16.9%)	Older adults, dementia patients	Chuncheon: Strong health keeper, Yeosu: Dementia care center	Dementia patient registration rate, Participation rate in services
		Exposure	Atmospheric environment & air quality	City (15.3%)	General citizens	Gwangyang: IoT-based fine dust monitoring service, Seosan: Smart zero air pollution service	User satisfaction, Abnormal operation error rate
Small cities	Small towns	Behavior	Activities of daily living & healthcare	Home (55.3%)	Solitary older adults, physically disabled individuals with impaired mobility, other health vulnerable groups	Goryeong: Smart home visiting nursing service, Ganghwa: Health care for vulnerable groups	Number of newly registered households, Rate of continued participation in the project
				Neighborhood (38.3%)	Older adults, dementia patients, general citizens	Hongseong: Dementia care center, Yanggu: Smart healthcare management system	Dementia registration management rate, Program completion rate
	Small towns with a public health clinic	Behavior	Activities of daily living & healthcare	Neighborhood (50.0%)	Older adults, dementia patients	Ulleung: Dementia prevention management project, Wando: Dementia patient care pathway service	Dementia registration management rate
				Home (37.5%)	Health vulnerable groups	Cheongsong: Visiting health management program, Hwacheon-Customized visiting health care program	Rate of blood pressure control for visited health target individuals

1) 대도시: 특별시의 구와 광역시의 구

지역보건법에 의한 도시유형 구분에 따르면, 특별시의 구는 서울시의 25개의 구를 말하며, 광역시의 구에는 6개의 광역시의 구, 인구 50만 명 이상 시의 구, 인구 30만 명 이상의 시가 포함된다. 이러한 대도시에서는 건강행태 모니터링뿐만 아니라 환경적 노출 모니터링 서비스도 계획하고 있으며, 건강상태/일상생활 분야와 대기환경/공기질 분야의 모니터링이 주로 다루어진다. 또한, 비교적 도시 단위의 모니터링 서비스의 빈도가 높게 나타나며, 주거 단위의 모니터링이 낮은 우선순위를 가진다는 특징을 갖는다. 이러한 서비스는 노인 및 아동을 주요 대상으로 특정하기도 하지만, 대다수가 일반시민을 대상으로 폭넓은 대상을 설정하고 있다.

특별시의 구에서는 도시 단위의 건강상태/일상생활(57.1%)과 관련된 서비스가 가장 높은 비중으로 나타난다. 다른 도시유형과는 달리 건강상태/일상생활 모니터링이 근린주구 및 주거 단위보다 도시 단위에서 이루어진다는 점이 특징적이다. 대표적인 예시

는 서울형 스마트 헬스케어 시스템 구축 사업(계획 예산규모 38.9 억)으로, 스마트 밴드 등의 스마트기기를 활용한 맞춤형 건강서비스 제공을 위해 표준 API 개발 및 모바일앱 구축 등을 사업의 내용으로 삼고 있다. 사업 성과지표로는 사업 참여자 수를 설정하고 있다. 또한, 서울특별시 강남구의 지역사회 중심 통합적 만성질환 예방 관리 체계 구축 사업은 지역 보건기관과 일차의료기관의 연계를 통해 지역사회 중심의 만성질환 관리 서비스 제공을 목적으로 하고 있다. 사업의 주요 성과지표로는 12개월 후 위험요인 개선율, 고혈압 진단 및 당뇨병 진단 경험자의 치료율 등을 활용하고 있다.

광역시의 구에서는 도시 단위보다 근린주구 및 주거 단위에서의 건강상태/일상생활 관련 사업이 보다 주를 이루고 있다. 특히, 경상남도 김해시의 독거노인 스마트케어 서비스는 주거 공간 단위의 건강상태/일상생활 모니터링 사업의 대표적인 예시이다. ICT 기술을 활용한 모니터링을 통해 독거노인의 생활반응을 확

인하고, 수집된 정보를 바탕으로 노인의 신변 및 건강에 위협이 있다고 판단되면 소방서 및 보건기관에 이상 반응에 대한 정보를 제공한다. 이러한 서비스는 화재 감지기, 가스누출 경보기, 활동량 감지기, 응급 호출기 등의 센서가 수반되며, 서비스 제공 횟수, 독거노인 등록 관리율 등을 통해 사업의 성과를 판단하고 있다. 경기도 평택시의 스마트 헬스케어 서비스는 근린주구 단위의 건강상태/일상생활 모니터링의 예시이다. 전용 측정기와 전용 앱을 활용하여 건강 군 및 건강 주의군의 건강상태를 실시간 모니터링하고, 개인별로 맞춤형 코칭 프로그램을 연계 지원한다.

광역시의 구에서는 대기환경/공기질(14.9%) 부문의 환경적 노출 모니터링 서비스가 도시 단위에서 계획되고 있다. 이는 대부분 일반시민을 대상으로 하는 미세먼지 관련 실시간 모니터링 사업이며, 기준치 이상의 미세먼지 농도가 감지될 경우 시민들에게 대응 지침을 전달하는 방식이다. 이 외에도 시민들이 많이 이용하는 공공공간에 미세먼지 저감 시설을 설치하여 시민들에게 안전한 환경을 제공하는 사업이 있다. 이러한 사업들은 주로 미세먼지 저감량 등의 데이터를 성과지표로 활용하고 있다.

2) 중소도시: 인구 30만 명 미만의 시와 도농복합형태의 시

인구 30만 명 미만의 시 유형에는 경기 구리시, 강원 동해시 등의 지역이 포함된다. 도농복합 형태의 시는 도시지역과 농촌지역이 하나의 행정단위로 통합됨으로써 나타난 유형으로 지역 내 균형적 발전을 도모하는 한편, 경제 공간의 입지에 따라 지역 내 불균등에 대한 이슈가 이어져 오고 있다(손승호, 2015). 이러한 중소도시에서는 절대적인 비중은 건강행태 모니터링 사업이 높지만, 상대적으로 환경적 노출 모니터링 사업이 고르게 계획되고 있다. 그중에서 대기환경/공기질/악취 분야 모니터링 사업이 우세하게 나타나며, 수질 및 통합 도시 환경 모니터링 분야 사업도 상당수 파악된다. 또한, 이러한 사업들은 대도시에 비해 도시 단위보다는 근린주구 단위와 주거 단위로 이루어지는 편이다. 서비스 수혜 대상으로는 대도시와 유사하게 일반시민을 설정하거나, 독거노인, 장애인, 1인 가구 등의 건강 취약층을 서비스 수요 대상으로 설정하고 있다. 한편, 여성이나 어린이를 대상으로 하는 사업이 나타나며, 이는 소도시에서는 특정하여 나타나지 않는 대상이다.

인구 30만 명 미만의 시에서는 근린주구 단위의 건강상태/일상생활(33.3%) 부문의 사업이 가장 많이 계획되었다. 이러한 사업들은 주로 노인 혹은 아동, 일반시민을 대상으로 하고 있다. 경기도 과천시 돌봄 마켓 플랫폼 서비스는 돌봄이 필요한 수요자와 돌봄 서비스의 공급자를 연결해 주는 플랫폼이다. 또한, 경기도 구리시의 스마트 커뮤니티 센터 사업은 노인이 함께 생활하는 스마트 커뮤니티 공간을 마련하여 노인 맞춤형 스마트 콘텐츠를 제공함으로써, 지역사회 돌봄서비스를 제공하고자 한다. 이러한 사업들의 성과지표로는 서비스 등록률을 활용하고 있다.

도농복합 형태의 시에서는 주거 공간 단위의 건강상태/일상생활(39.0%) 관련 사업이 가장 많이 계획되었다. 주로 독거노인, 장애인, 1인 가구 등의 건강 취약층을 서비스 수요 대상으로 설정하고 있다. 전라남도 순천시의 독거노인 응급 안전 알람 서비스는 전라남도 순천시 통합플랫폼 및 CCTV 통합 관제센터와 연계하여 응급상황 모니터링, 안전 확인 및 대응조치, 안전교육, 서비스 연계, 사후관리 등을 제공함으로써, 독거노인의 안전한 생활을 지원한다. 또한, 충청남도 보령시의 ICT 활용 의료 취약지 만성질환자 자가관리 사업은 보건소에서 원격영상진료를 통해 환자가 원격으로 담당 의사에게 지속적인 진단 및 처방을 받을 수 있도록 한다. 이러한 사업들은 서비스 가입자 수, 이용자 만족도 등을 통해 사업 성과를 진단하고 있다.

한편 중소도시에서는 도시 단위의 모니터링 서비스로 수질, 신체활동, 통합 도시 환경 등 다양한 분야의 사업이 제시되고 있으며, 교통안전/사고 분야 사업(인구 30만 명 미만의 시: 11.1%)과 대기환경/공기질 분야 사업(도농복합 형태의 시: 15.3%)이 가장 많이 계획되었다. 경기 구리시의 실시간 교통상황 모니터링 서비스는 교통안전/사고 분야 사업의 사례로서, AI 기반의 기술을 활용하여 이벤트 상황을 감지하고 유관기관에 관련 정보를 실시간 제공하여 교통 흐름을 원활하게 하는 서비스이다.

3) 소도시: 일반 군과 보건의료원이 설치된 군

인천광역시 강화군, 경상북도 고령군 등 일반 군의 상당수는 행정안전부에서 「국가균형발전 특별법」에 따라 지정한 인구 감소 지역에 해당하며, 경기도 연천군, 경상북도 울릉군 등 보건의료원이 설치된 군은 모두 인구 감소 지역에 해당한다. 이러한 소도시에서는 환경적 노출 모니터링보다는 건강행태 모니터링 서비스가 주로 계획하고 있으며, 건강상태/일상생활 분야가 대부분을 차지한다. 또한, 이러한 사업들은 도시 단위보다는 근린주구 및 주거 단위로 이루어지고 있다. 사업의 내용은 대도시나 중소도시에 비해 분야별 다양성이 낮으며, 공간적 범위와 무관하게 주로 건강상태/일상생활에 대한 사업이 제시되고 있다. 서비스는 주로 장애인, 치매 환자, 독거노인 등 주로 건강 취약계층과 소외계층을 대상으로 하고 있다.

특히, 취약계층과 소외계층을 대상으로 하고 있기 때문에 방문 의료서비스와 원격 의료서비스가 대다수의 지역에서 제시되고 있다. 경상북도 고령군의 스마트 방문간호 서비스는 환자의 건강 데이터를 수집·활용·연계하여 스마트폰 앱을 통해 건강 차트를 조회하고, 건강미션을 수행, 응급상황을 지원하는 등 선제적이고 포괄적인 건강관리 지원한다. 또한, 보호자가 없는 1인 가구의 경우 환자의 물·전기 사용량, TV·출입문 이용 빈도 등을 분석하여 이상신호를 감지하고, 유사시 즉각적인 상황전파와 대응을 지원하는 실시간 모니터링 체계 구축을 계획하고 있다. 이러한 사업은 신규 등록 가구 수, 사업 계속 참여율 등으로 사업의 성과를 진

단하고 있다. 또한, 경상북도 청송군의 찾아가는 방문 건강관리 사업은 취약계층의 자가 건강관리 능력 향상과 건강상태 유지·개선을 위한 방문 서비스 제공을 계획한다. 이러한 사업들은 치매 등록관리를, 방문 건강대상자 고혈압 조절률 등을 사업 성과지표로 활용하고 있다.

소도시에서 계획되는 근린주구 단위의 건강상태/일상생활 부문의 사업은 대부분 치매 환자를 대상으로 하고 있다. 치매 지원 서비스는 대도시나 중소도시에서도 치매안심센터를 중심으로 많은 지자체에서 계획하고 있는 사업이지만, 소도시에서는 직접 방문이 불가능한 대상자를 대상으로 맞춤형 방문 서비스를 제공하는 등 사업의 방식을 지역 여건에 맞춰 계획하고 있는 것으로 나타났다. 충청남도 홍성군의 치매 안심케어 사업은 커뮤니티 기반의 실시간 위치 확인을 통해 사전 설정해 둔 권역 이탈 여부와 현재 위치정보를 보호자와 가족들이 확인할 수 있는 서비스이다. 치매 등록관리를, 프로그램 완성률 등을 성과지표로 삼고 있다. 경상북도 울릉군의 치매 예방 관리 사업은 치매 안심 시스템을 통하여 치매 환자를 등록, 치매 조기 검진, 치매 인지 강화프로그램 등을 운영함으로써, 통합 관리 서비스를 제공한다. 또한, 주거 단위의 건강상태/일상생활(37.5%) 모니터링 사업은 건강 취약계층을 대상으로 하고 있다.

4. 건강 및 환경 모니터링 서비스의 쟁점과 과제

앞서 스마트도시계획과 지역보건의료계획에 나타난 국내 건강 및 환경 모니터링 서비스의 주요 분야와 공간적 범위에 따른 사업 특성을 살펴보았다. 또한, 도시 유형에 따라 주요하게 다루어지는 모니터링 서비스 및 기술 요소, 핵심성과지표에 차이가 있다는 점을 확인하였다. 이를 바탕으로 향후 스마트건강도시 조성을 위한 건강 및 환경 모니터링 서비스를 개선하기 위해 다음과 같은 4가지 해결 과제를 도출하였다.

첫째, 본 연구에서 검토된 두 가지 계획서를 종합해 보면 건강 상태 및 일상생활 모니터링이 주요 분야로 나타났으며, 환경적 노출에 대한 모니터링 사업 종류와 빈도는 비교적 적게 나타났다. 선행연구(〈Table 1〉 참고)에서 살펴본 것과 같이 환경적 노출에 대한 모니터링 분야는 모니터링 대상에 따라 11가지로 나타났으나 국내 계획서상에는 총 5가지로 나타났으며 통합 환경모니터링 부문을 제외하면 4가지로 축소된다. 농업과 에너지 소비와 같이 직접적으로 건강에 대한 직접적 영향이 비교적 적은 분야를 제외하더라도, 재난, 폐기물, 생태 다양성 등과 같은 요소는 건강도시 조성을 위해 필수적으로 관리되어야 하는 환경요소로 인식된다(World Health Organization, 2019). 그럼에도 불구하고 건강과 관련하여 추진되고 있는 환경모니터링 사업은 모니터링 대상의 범위가 한정적인 경향이 있다. 이는 스마트도시계획에서 추진되고 있는 환경모니터링 사업 전반에 걸쳐 건강에 대한 고려를

포함하거나 지역보건의료계획에서 환경적 노출요인을 적극적으로 관리하는 사업 수를 늘림으로써 해소될 수 있다.

둘째, 많은 모니터링 사업 분야에서 모니터링 서비스가 적용되는 공간적 범위가 단일하게 나타나는 반면, 일부 사업 분야에서 공간적 범위와 관련 기술 선택이 다양하게 변주되어 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 예를 들어, 대기환경 모니터링의 경우 사업 목표에 따라 도시 전역을 대상으로 하기도 하고, 공단, 전통시장, 도심지 등 특정 도시공간에 집중되어 수행되기도 한다. 또한, 건강상태 및 일상생활 모니터링의 경우, 독거노인이나 1인 가구를 위해서는 주거환경을 방문하는 수준에서 모니터링 서비스가 이루어지고, 치매 노인 및 아동과 같이 사회적 약자의 실종을 방지하기 위해 도시 전역을 대상으로 사업이 추진되는 등 사업의 목적과 타깃 인구에 따라 사업특성이 달라진다. 기술적인 측면에서도 주거 단위에서 이루어지는 건강상태 및 일상생활 모니터링은 재택 치료 서비스와 연계하여 모바일 앱을 사용하는 한편, 도시 및 근린주구 단위에서 진행되는 건강상태 및 일상생활 모니터링은 GPS 통신장치가 탑재된 기기나 건강상태 측정 키오스크와 같은 기술이 적용된다. 건강증진의 최종 수혜자가 인간임을 고려한다면, 사업 대상의 구체적인 건강 목표에 맞춘 유연한 사업의 범위 설정과 기술 채택은 필수적이라고 볼 수 있다. 따라서, 스마트건강도시 조성을 위해서는 모니터링 전 분야에 대하여 일차적인 데이터 수집을 넘어 구체적인 이용자 집단의 건강 목표 달성을 위해 사업의 범위를 적절히 조절하고 최종 이용자까지 모니터링 서비스가 전달될 수 있는 기술 선정이 요구된다.

셋째, 지역보건의료계획상의 모니터링 사업은 사업의 성과지표가 명시되어 있는 경우가 많은 반면, 스마트도시계획은 수립 지자체에 따라 성과지표 유무가 불분명한 경우가 많았다. 이는 관련 법제도 조항의 차이에 따른 영향으로 볼 수 있는데, 지역보건의료계획의 경우 지역보건법 제7조에 의한 의무 계획으로서 계획 시행 결과의 평가에 대한 조항 또한 제9조로 포함되어 있다. 반면, 스마트도시계획은 스마트도시법 제8조에 의하여 스마트도시건설사업 의지가 있는 지자체에 한하여 수립되는 선택적 계획으로 국가시범도시를 제외하고는 계획 시행 결과 평가에 대한 조항은 포함되어 있지 않다. 또한 사업 평가의 용이성에서도 차이가 나타난다. 지역보건의료계획에서는 지자체 별 자체적으로 데이터를 수집하여 생성하는 성과지표에 더하여 전국 시군구를 대상으로 매년 진행되는 지역사회건강조사의 결과를 적극적으로 활용하고 있으나, 스마트도시계획에서는 사업결과 평가를 위한 표준화된 성과지표 또는 성과관리 체계가 미흡하다. 따라서 국가 차원에서 다양한 모니터링 사업에 적합한 핵심 성과지표 및 표준 성과관리 체계에 대한 청사진과 관련 법 제도를 마련하고, 지자체별로 사업의 특성에 맞게 적용할 수 있도록 가이드라인을 제시해야 할 것이다. 또한 각 지자체별로 사업을 구상하는 단계에서 사업의 단계별 핵심 성과지표를 개발하고, 사업의 효과를 지속적

으로 판단할 수 있는 평가 체계를 구체화하는 노력이 요구된다.

넷째, 도시 유형에 따라 주요 모니터링 분야와 플랫폼의 종류, 기술 수준에서 차이를 보여 모니터링 자원이 부족한 지자체에 대한 국가차원의 지원이 필요할 것으로 판단된다. 예를 들어, 대기 환경/공기질 모니터링 외 신체활동이나 수질과 같은 기타 모니터링 요소에 대해서는 국가 단위의 표준 시스템이 부재하여 지역 격차가 존재하는 상황이다. 따라서 고사양 기술이 필요하거나 광역 단위에서 공유될 수 있는 모니터링 영역에 대해서는 국가 또는 광역 단위의 지원 및 플랫폼 마련을 통해 지역 격차를 감소하기 위한 노력이 필요할 것이다. 또한, 노인 인구가 급격히 늘어나고 있는 지방 소도시의 경우 인프라 및 서비스가 제한적인 경우가 많아 이에 대한 대책이 필요하다. 특히 노인은 집에서 생활하는 시간이 많고 일일생활권이 마을 단위로 형성되는 경우가 많아 지역사회 노인의 건강관리를 위한 방문형 의료서비스의 활성화가 요구된다(서소영·장숙량, 2022). 현재, 국내에서는 의사가 직접 환자의 가정에 찾아가는 방문 진료를 실시하고 있다. 특히 만성질환과 장애가 동반된 복합적 환자를 대상으로 사망 또는 요양시설 입소 전까지 지속적 진료를 행하고 있으며 임상적 효과성 측면에서 우수한 결과를 보이고 있다(김창오 외, 2020). 따라서 노인 인구가 많은 지역에서는 주거 공간 단위에서의 찾아가는 돌봄서비스를 통해 건강상태/일상생활 모니터링과 거주적합성과 삶의 질을 향상시키기 위한 실내환경 모니터링이 필요하다. 이러한 모니터링은 주거공간 단위의 활동 감지 센서, 전기 및 온도 변화 감지 센서, 미세먼지 센서, 소음 측정 센서, 화재 센서, 응급 호출기, 모바일 앱 등의 기술 인프라의 구축을 통해 활성화될 수 있다.

마지막으로, 지역보건의료계획과 스마트도시계획 모두에서 건강 및 환경 모니터링 사업과 관련하여 부문 간 협력 및 연계 계획은 미비한 것으로 나타났다. 사회생태학적 모델에 따르면, 건강은 개인의 신체적 특징과 사회적 관계에서부터 지역사회의 다양한 환경적·사회적·경제적 요인들의 상호작용에 의하여 결정된다(Stokols, 1996). 지역주민의 건강증진을 위해서는 지자체 내에서 부서간 협력이 필수적이며 이를 통해 건강증진 목표 달성을 극대화할 수 있다. 일례로, 건강과 웰빙을 주요 목표로 삼은 일본 카시와노하 스마트시티에서는 도시 내 비영리기관인 카시와 도시 설계센터(Urban Design Centre Kashiwa)를 설립하여 민간기업-대학-정부의 긴밀한 협력관계와 시민참여를 도모하였다(Trencher and Karvonen, 2020). 국내 사례로는, 최근 서울특별시 노원구에서 건강도시 기본조례를 수립하여 대부분 간 협력 조정을 위한 법적 근거를 마련하고 모든 정책에 건강을 고려하도록 하는 건강인지정책(Health in All Policies)를 추진하고 있다. 이를 통해 노원구는 노원형 건강영향평가 도구 개발, 내부 직원 역량 강화 교육 운영, 건강도시 운영위원회 구성 및 운영, 주민 참여형 교육 및 활동 프로그램 개발 등을 수행하고 있다. 이러한 인간중심의 건강 목표 달성을 위한 부문 간 협력 노력은 스마트건강

도시 조성을 위한 필수조건이며, 기초지자체 단위에서 뿐만 아니라 국가 단위에서 또한 통합적이고 혁신적인 정책 개발과 지자체 지원이 이루어져야 할 것이다.

V. 결론 및 제언

본 연구에서는 건강 및 환경 모니터링을 스마트건강도시의 주요 요소로서 보고 스마트도시계획과 지역보건의료계획을 기반으로 국내의 관련 모니터링 서비스 현황을 조사분석 하였다. 총 26개의 지자체 스마트도시계획과 71개의 지역보건의료계획에 대한 분석을 진행하였으며, 모니터링 서비스가 적용된 공간적 범위(주거, 근린주구, 도시)와 모니터링 대상을 분류하여 계획빈도, 사업의 목적과 내용, 타깃 인구, 관련 기술, 소요 예산, 핵심 성과지표 등에 대하여 조사하였다. 이를 바탕으로 국내 모니터링 서비스의 경향과 지자체별 차이점을 파악하고 국가 및 지자체 수준에서의 모니터링 서비스 개선 방안을 모색하였다.

분석 결과를 요약하면 다음과 같다. 먼저, 공간적 범위에 따른 모니터링 계획 경향을 분석한 결과, 스마트도시계획은 도시 단위의 대기환경/공기질 모니터링(21.5%)과 주거공간 단위의 건강상태/일상생활 모니터링(21.5%)을 주로 다루고 있었다. 한편, 지역보건의료계획에서는 주거공간 단위의 건강상태/일상생활 모니터링(45.0%)과 근린주구 단위의 건강상태/일상생활 모니터링(40.0%)이 주를 이루었다. 다양한 사업이 골고루 분포되어 있는 스마트도시계획에 비해 지역의료보건의료계획에서는 건강상태 관련 모니터링에 대한 계획이 우세하게 나타난다. 또한, 서비스 사업명을 활용하여 도출한 워드클라우드를 분석했을 때, 공간적 범위에 따라 주로 관찰되는 모니터링의 목적이나 타깃 인구 등이 다르다는 것을 확인하였다.

둘째, 도시유형별 모니터링 계획 경향을 분석한 결과, 도시유형에 따라 건강 및 환경 모니터링 서비스의 공간적 범위와 기술 분야가 다르게 나타난다. 특·광역시와 같은 대도시와 인구 30만 명 미만의 시, 도농복합 형태의 시와 같은 중소도시의 경우에는 주거공간, 근린주구, 도시 단위 등 공간적 범위에 따라 건강 및 환경 모니터링 서비스가 균형적으로 나타나는 반면, 일반 군과 보건의료원이 설치된 군의 경우 주거공간 및 근린주구 단위(동사무소, 보건소, 보건지소, 경로당 등)에서의 건강상태 및 일상생활 모니터링에 집중되어 있었다. 모니터링의 공간적 범위에 따라서 타깃 인구에도 차이를 보이는데, 도시 단위 모니터링 서비스의 경우 일반 시민을 대상으로 하는 경우가 많으며 근린주구 및 주거공간 단위의 모니터링은 사회 취약층과 건강 취약층에 집중된 모니터링 사업이 주로 계획되어 있음을 확인하였다.

셋째, 모니터링 계획 현황을 바탕으로 서비스 향상 방안을 도출하였다. 국가 차원에서는 모니터링 수준에 대한 지역 격차 감소를 위한 모니터링 기술, 관련 플랫폼, 성과지표 등에 대한 표준

화 노력이 요구되며, 지방 소도시의 급증하는 노인인구에 대응하여 주거 공간 단위의 건강상태/일상생활 모니터링 및 실내 환경 모니터링 서비스에 대한 지원이 필요하다. 지자체 수준에서는 아동과 노년층과 더불어 다양한 인구 계층을 포함하는 생애주기별 서비스와 일상 생활권 중심의 건강 및 환경 모니터링 서비스를 제공해야 한다.

본 연구는 건강 및 환경 모니터링에 대한 국내 서비스 현황을 포괄적으로 파악하였으나 연구 대상의 특징 및 선정 방법과 관련하여 다음과 같은 한계점을 가진다. 첫째로, 조사 대상인 스마트 도시계획과 지역보건의료계획은 향후 진행하고자 하는 사업에 대한 계획으로서 지자체 요구가 높은 모니터링 서비스 분야와 적용 가능성이 높은 모니터링 기술을 파악하는 것에는 도움이 되나, 실제 모니터링 기술의 안정적인 운영 여부는 후속 연구가 필요하다. 둘째, 본 연구에서는 연구가 시작된 시점까지 수립된 스마트도시계획 전체와 지역보건의료계획의 일부(30%)를 조사하였지만, 계획이 수립 또는 공개되지 않았거나 표본으로 추출되지 않은 지자체의 사업 계획현황을 포함하지 않는다. 이와 같은 연구의 한계점은 실제로 모니터링 서비스를 운영하고 있는 지자체를 선별하여 서비스의 내용과 결과에 대한 실증연구를 진행하거나 더욱 다양한 표본을 포함한 후속연구를 실행함으로써 극복 가능하다.

스마트건강도시를 첨단기술을 활용하여 건강증진 역량을 극대화시키는 인간 중심의 도시 모델이다. 건강 및 환경 모니터링 서비스는 다양한 건강결정요인에 대한 보다 정확하고 객관적이며 유용한 데이터를 수집·분석·공유함으로써, 공공의 건강증진 정책 실무 역량 및 기획 역량 증진, 개인의 건강 관리 능력 향상, 서비스 제공자의 건강 및 복지 서비스 효율성 향상 등을 도모할 수 있다. 본 연구에서 수행한 국내 건강 및 환경 모니터링 서비스 현황 조사와 서비스 제고 방안 제안은 한국형 스마트건강도시로 발돋움하기 위한 기초연구로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

인용문헌

References

- 고든솔, 2023. "사회경제적 질병부담 추이와 지역 변이", 「보건복지 Issue & Focus」, 439: 1-10.
- Go D., 2023. "Trends and Regional Variations in the Cost of Illness", *Health Welfare Issue & Focus*, 439: 1-10.
- 구양미, 2021. "인구 변화와 도시 쇠퇴의 지역 불균형: 저출산과 지방소멸 문제에 대한 시사점", 「국토지리학회지」, 55(3): 301-320.
- Koo Y., 2021. "Regional Disparities in Population Change and Urban Decline: Implications for the Low Fertility and Disappearing Region Issues", *The Geographical Journal of Korea*, 55(3): 301-320.
- 김수정·김재호·엄규리·김태형, 2020. "정부 부처간 협업을 통한 온라인 역학조사 지원시스템 개발 사례 연구", 「정보시스템연구」, 29(4): 123-135.
- Kim, S., Kim, J., Eum, G., and Kim, T., 2020. "A Case Study on the Development of Epidemiological Investigation Support System through Inter-ministerial Collaboration", *The Journal of Information Systems*, 29(4): 123-135.
- 김진희·장원기·강은정·고광욱·김건엽·박관준·박윤희, 2011. "새로운 건강정책 패러다임으로서의 건강도시 접근법", 「대한의사협회지」, 54(8): 884-891.
- Kim, J., Jhang W., Kang, E., Ko, K., Kim, K., Park K., and Park Y., 2011. "Healthy Cities Approach as a New Paradigm of Public Health Policy", *Journal of the Korean Medical Association*, 54(8): 884-891.
- 김창오·홍종원·조미희·최은희·장숙량, 2020. "거동불편 대상자를 위한 방문진료의원 모형: 1년 6개월간의 운영사례 보고", 「한국노년학」, 40(6): 1403-1428.
- Kim, C., Hong, J., Cho, M., Choi, E., and Jang, S., 2020. "Developing a Model of Home-based Primary Care in South Korea: A 1.5-year Case Study", *Journal of the Korea Gerontological Society*, 40(6): 1403-1428.
- 노재인·박형수·명승환, 2022. "디지털 트윈을 활용한 스마트시티 재난관리 방안 연구: 인천광역시 사례를 중심으로", 「한국지역정보학회지」, 25(1): 1-33.
- Noh, J., Park, H., and Myeong, S., 2022. "A Case Study on the Smart city Disaster Management using Digital Twin Technology: Focused on Incheon Metropolitan City", *Journal of Korean Association for Regional Information Society*, 25(1): 1-33.
- 민병학·오명택·조영태·김세용, 2021. "스마트시티 리빙랩의 지속가능한 운영 방안에 관한 연구: 리빙랩 운영 모델에 관한 국내외 사례를 바탕으로", 「도시행정학보」, 34(4): 73-95.
- Min, B., Oh, M., Cho, Y., and Kim, S., 2021. "A Study on a Strategy of a Smart City Living Lab for Sustainable Operation: Based on a Case Study of the Living Lab Frameworks", *Journal of the Korean Urban Management Association*, 34(4): 73-95.
- 박진철·이치형, 2019. "토픽 모델링을 활용한 스마트시티 연구동향 분석", 「인터넷정보학회논문지」, 20(3): 119-128.
- Park, K. and Lee, C., 2019. "A Study on the Research Trends for Smart City using Topic Modeling", *Journal of Internet Computing and Services*, 20(3): 119-128.
- 박수정·신동빈·이미숙, 2018. "IoT 플랫폼과 스마트시티 통합플랫폼의 연계방안 연구: 부산광역시 IoT 기반스마트환경모니터링서비스구축 사례분석을 중심으로", 「한국지능시스템학회 논문지」, 28(6): 582-588.
- Park, S., Shin, D., and Yi, M., 2018. "A Study on Linking Method of IoT Platform and Integrated Smart City Platform - Based on the Case Study of IoT-based Smart Environment Monitoring Service Construction in Gangseo-gu, Busan -", *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, 28(6): 582-588.
- 박영민, 2021. "공동주택 층간소음의 관리 규정과 분쟁 양상", 「한국의 사회동향 2021」, 298-307.
- Park, Y., 2021. "Management Regulations and Dispute Patterns of Inter-floor Noise in Multi-unit Housing", *Korean*

- Social Trends* 2021, 298-307.
11. 박은주·박도영, 2018. “웨어러블 신체 생체 활동 모니터링 시스템 개발”, 『한국정보통신기술학회 논문지』, 11(1): 34-39.
Park, E. and Park, D., 2018. “Development of Wearable Physical Activity Monitoring System”, *Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology*, 11(1): 34-39.
 12. 서소영·장숙량, 2022. “지역사회 노인대상 간호사 방문형 서비스에 대한 이용의향 및 적정 지불금액”, 『Journal of Korean Academy of Nursing』, 52(1): 105-119.
Seo, S. and Jang, S., 2022. “Willingness to Use and Appropriate Payable Cost for Visiting Nurse Service for the Elderly in the Community”, *Journal of Korean Academy of Nursing*, 52(1): 105-119.
 13. 서재찬·김진국, 2016. “공동주택현황과 층간소음문제”, 『고무기술』, 17(1·2): 34-50.
Seo, J. and Kim, J., 2016. “Current Status of Multi-unit Housing and Inter-floor Noise Issue”, *Rubber Technology*, 17(1·2): 34-50.
 14. 설진주·조형경·이현지·이광수, 2021. “소멸위험지역과 치료 가능 사망률 간의 관계”, 『보건행정학회지』, 31(2): 188-196.
Seol, J., Cho, H., Lee, H., and Lee, K. 2021, “Relationship between Extinction Risk Regions and Amenable Mortality”, *Health Policy and Management*, 31(2): 188-196.
 15. 신우재·김도년·조영태·박신원, 2015. “U-City의 국제 경쟁력 구축을 위한 Smart City와의 차이점 비교 분석 연구: Smart Cities Index의 평가지수와 국내 지자체 수립 유비쿼터스도시계획의 비교분석을 통해”, 『한국도시설계학회지 도시설계』, 16(5): 5-16.
Shin, W., Kim, D., Cho, Y., and Park, S., 2015. “Comparative Analysis Research on the Difference Between U-City and Smart City for the Establishment of International Competitiveness of U-City - By a Comparative Analysis of Smart Cities Index Indicators and U-City Plans Established by the Local Governments in Korea”, *Journal of the Urban Design Institute of Korea Urban Design*, 16(5): 5-16.
 16. 신재용, 2021. “스마트 보건의료를 위한 준비-우리나라 현황 및 지향점을 중심으로”, 『HIRA 정책동향』, 15(1): 20-28.
Shin, J., 2021. “What We Have to Prepare for Being Smart in Healthcare: Based on the Korean Current Situation and Long-term Direction of the National Health Insurance”, *Health Insurance Review & Assessment Service*, 15(1): 20-28.
 17. 오창세·서민석·이정혁·김상현·김영돈·박현주, 2015. “IoT 기반 실내 공기질 모니터링 시스템”, 『한국통신학회논문지』, 40(5): 886-891.
Oh, C., Seo, M., Lee, J., Kim, S., Kim, Y., and Park, H., 2015. “Indoor Air Quality Monitoring Systems in the IoT Environment”, *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, 40(5): 886-891.
 18. 윤태범, 2021. “국가균형발전과 자치분권”, 『국토』, (471): 30-34.
Yun, T., 2021. “Balanced National Development and Local Autonomy”, *Planning and Policy*, (471): 30-34.
 19. 정수용·이휘원·유상필·이경준·허성필, 2020. “스마트워치를 활용한 인공지능 기반의 복약행동 모니터링 시스템”, 『한국정보기술학회논문지』, 18(8): 125-133.
Jeong, S., Lee, H., Yoo, S., Lee, K., and Heo, S., 2020. “Artificial Intelligence-based Medication Behavior Monitoring System using Smartwatch”, *The Journal of Korean Institute of Information Technology*, 18(8): 125-133.
 20. 최용준·윤태호·신동수, 2012. “건강 형평성의 관점에서 본 제3차 국민건강증진종합계획 평가”, 『비판사회정책』, (37): 367-400.
Choi, Y., Yoon, T., and Shin, D., 2012. “Review of the third Health Plan (2011-2020) in Korea: Perspectives on Health Equity”, *Journal of Critical Social Welfare*, (37): 367-400.
 21. 허화라·박명철, 2020. “1인 고령자 건강관리를 위한 IoT 센서 기반의 모니터링 시스템 설계”, 『한국컴퓨터정보학회논문지』, 25(8): 81-87.
Hur, H. and Park, M., 2020. “Design of Monitoring System based on IoT sensor for Health Management of an Elderly Alone”, *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, 25(8): 81-87.
 22. 홍수형·주병권, 2020. “IoT 기반의 스마트 헬스케어 적용 및 사례분석”, 『한국통신학회지 (정보와통신)』, 37(4): 31-38.
Hong, S. and Joo, B., 2020. “Analysis of IoT-based Smart Healthcare Application and Its Case”, *Information and Communications Magazine*, 37(4): 31-38.
 23. 황규철·박세찬·이가혜·김종범, 2023. “IoT 센서를 이용한 내포 신도시 실내공기질 현황 분석”, 『한국대기환경학회지』, 39(1): 24-41.
Hwang, K., Park, S., Lee, G., and Kim, J., 2023. “Indoor Air Quality Analysis in Naepo New Town Using IoT Sensor”, *Journal of Korean Society for Atmospheric Environment*, 39(1): 24-41.
 24. Ahanathapillai, V., Amor, J.D., Goodwin, Z., and James, C.J., 2015. “Preliminary Study on Activity Monitoring using an Android Smart-watch”, *Healthcare Technology Letters*, 2(1): 34-39.
 25. Ahmed, M.M., Banu, S., and Paul, B., 2017. “Real-time Air Quality Monitoring System for Bangladesh’s Perspective Based on Internet of Things”, In 2017 3rd International Conference on Electrical Information and Communication Technology (EICT), Khulna: Bangladesh.
 26. Ali, H., Soe, J.K., and Weller, S.R., 2015. “A Real-time Ambient Air Quality Monitoring Wireless Sensor Network for Schools in Smart Cities”, In 2015 IEEE First International Smart Cities Conference (ISC2), Guadalajara: Mexico.
 27. Andò, B., Baglio, S., Cantelli, L., Castorina, S., Crispino, R., Debono, C.J., and Borgese, A., 2021. “An Integrated Platform of Smart Objects Supporting the Quality of Life of Frail People”, In 2021 IEEE International Workshop on Metrology for Industry 4.0 & IoT (MetroInd4.0&IoT), Rome: Italy.
 28. Andrachuk, M., Marschke, M., Hings, C., and Armitage, D., 2019. “Smartphone Technologies Supporting Community-based Environmental Monitoring and Implementation: A Systematic Scoping Review”, *Biological Conservation*, 237: 430-442.
 29. Araral, E., 2020. “Why Do Cities Adopt Smart Technologies? Contingency Theory and Evidence from the United States”,

- Cities*, 106: 102873.
30. Bakolis, I., Hammoud, R., Smythe, M., Gibbons, J., Davidson, N., Tognin, S., and Mechelli, A., 2018. "Urban Mind: Using Smartphone Technologies to Investigate the Impact of Nature on Mental Well-Being in Real Time", *BioScience*, 68(2): 134-145.
 31. Bimbao, J.A.P. and Chien, Y.C., 2021. "What's Our Route? A Case Study on Recent Cycling Patterns Based on Crowdsourced Data in Taichung City, Taiwan", In 2021 IEEE International Conference on Social Sciences and Intelligent Management (SSIM), Taichung: Taiwan.
 32. Bronfenbrenner, U., 1979. *The Ecology of Human Development: Experiments by Nature and Design*, Cambridge: Harvard University Press.
 33. Coulby, G., Clear, A., Jones, O., and Godfrey, A., 2020. "A Scoping Review of Technological Approaches to Environmental Monitoring", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11): 3995.
 34. Dameri, R.P., 2013. "Searching for Smart City Definition: A Comprehensive Proposal", *International Journal of Computers & Technology*, 11(5): 2544-2551.
 35. Deleawe, S., Kusznir, J., Lamb, B., and Cook, D.J., 2010. "Predicting Air Quality in Smart Environments", *Journal Of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 2(2): 145-154.
 36. Dutton, W.H., Blumler, J.G., and Kraemer, K.L. (Eds.), 1987. *Wired Cities: Shaping the Future of Communications*, Boston: GK Hall & Co.
 37. Edvinsson, L., 2006. "Aspects on the City as a Knowledge tool", *Journal of Knowledge Management*, 10(5): 6-13.
 38. Frank, L.D., Iroz-Elardo, N., MacLeod, K.E., and Hong, A., 2019. "Pathways from Built Environment to Health: A Conceptual Framework Linking Behavior and Exposure-based Impacts", *Journal of Transport & Health*, 12: 319-335.
 39. Hubert, M., Blut, M., Brock, C., Zhang, R.W., Koch, V., and Riedl, R., 2019. "The Influence of Acceptance and Adoption Drivers on Smart Home Usage", *European Journal of Marketing*, 53(6): 1073-1098.
 40. Ishida, T., 1999. "Understanding Digital Cities", In 1st Kyoto Workshop on Digital Cities, Kyoto: Japan.
 41. Kamel Boulos, M.N. and Al-Shorbaji, N.M., 2014. "On the Internet of Things, Smart Cities and the WHO Healthy Cities", *International Journal of Health Geographics*, 13: 10.
 42. Kamel Boulos, M.N., Tsouros, A.D., and Holopainen, A., 2015. "Social, Innovative and Smart Cities Are Happy and Resilient: Insights from the WHO EURO 2014 International Healthy Cities Conference", *International Journal of Health Geographics*, 14: 3.
 43. Komninos, N., 2006. "The Architecture of Intelligent Cities: Integrating Human, Collective and Artificial Intelligence to Enhance Knowledge and Innovation", In 2006 2nd IET International Conference on Intelligent Environments-IE 06, Athens.
 44. Kouris, I., Vellidou, E., and Koutsouris, D., 2020. "SMART BEAR: A Large Scale Pilot Supporting the Independent Living of the Seniors in a Smart Environment", In 2020 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC), Montreal: Canada.
 45. Laurino, M., Lomonaco, T., Bellagambi, F.G., Ghimenti, S., Messeri, A., Morabito, M., Marrucci, E., Pratali, L. and Trivella, M.G., 2021. "Sport in Town: The Smart Healthy ENV Project, a Pilot Study of Physical Activity with Multiparametric Monitoring", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5): 2432.
 46. Lee, C., 2014. "Adoption of Smart Technology among Older Adults: Challenges and Issues", *Public Policy & Aging Report*, 24(1): 14-17.
 47. Maass, R., Lillefjell, M., and Espnes, G.A., 2017. "The Application of Salutogenesis in Cities and Towns", *The Handbook of Salutogenesis*, 171-179.
 48. MacKerron, G. and Mourato, S., 2013. "Happiness Is Greater in Natural Environments", *Global Environmental Change*, 23(5): 992-1000.
 49. Majumder, S. and Deen, M.J., 2019. "Smartphone Sensors for Health Monitoring and Diagnosis", *Sensors*, 19(9): 2164.
 50. Maswadi, K., Ghani, N.B.A., and Hamid, S.B., 2020. "Systematic Literature Review of Smart Home Monitoring Technologies Based on IoT for the Elderly", *IEEE Access*, 8: 92244-92261.
 51. Mouton, M., Ducey, A., Green, J., Hardcastle, L., Hoffman, S., Leslie, M., and Rock, M., 2019. "Towards 'Smart Cities' as 'Healthy Cities': Health Equity in a Digital Age", *Canadian Journal of Public Health*, 110(3): 331-334.
 52. Nowaczyk, S., Resmini, A., Long, V., Fors, V., Cooney, M., Eduarte, K., Pinka, S., Aksoya, E.E., Vlnela, A., and Dougherty, M., 2022. "Smaller Is Smarter: A Case for Small to Medium-sized Smart Cities", *Journal of Smart Cities and Society*, 1: 95-117.
 53. Park, Y.J., Cho, S.Y., Lee, J., Lee, I., Park, W.H., Jeong, S., and Park, O., 2020. "Development and Utilization of a Rapid and Accurate Epidemic Investigation Support System for COVID-19", *Osong Public Health and Research Perspectives*, 11(3): 118-127.
 54. Ramírez-Moreno, M.A., Keshtkar, S., Padilla-Reyes, D.A., Ramos-López, E., García-Martínez, M., Hernández-Luna, M.C., Morgo, A.E., Mahlknecht, J., Huertas, J.I., Peimbert-García, R.E., Ramírez-Mendoza, R.A., Mangini, A.M., Roccotelli, M., Pérez-Henríquez, B.L., Mukhopadhyay, S.C., and Lozoya-Santos, J.D.J., 2021. "Sensors for Sustainable Smart Cities: A Review", *Applied Sciences*, 11(17): 8198.
 55. Rhee, J.H., Ma, J.H., Seo, J., and Cha, S.H., 2022. "Review of Applications and User Perceptions of Smart Home Technology for Health and Environmental Monitoring", *Journal of Computational Design and Engineering*, 9(3): 857-889.
 56. Rocha, N.P., Bastardo, R., Pavao, J., Santinha, G., Rodrigues, M., Rodrigues, C., Queirós, A., and Dias, A., 2021. "Smart Cities' Applications to Facilitate the Mobility of Older Adults:

- A Systematic Review of the Literature”, *Applied Sciences*, 11(14): 6395.
57. Stokols, D., 1996. “Translating Social Ecological Theory into Guidelines for Community Health Promotion”, *American Journal of Health Promotion*, 10(4): 282-298.
58. Stübinger, J. and Schneider, L., 2020. “Understanding Smart City—A Data-driven Literature Review”, *Sustainability*, 12(20): 8460.
59. Trencher, G. and Karvonen, A., 2020. “Stretching ‘Smart’: Advancing Health and Well-being through the Smart City Agenda”, *Local Environment*, 24(7): 610-627.
60. Ullo, S.L. and Sinha, G.R., 2020. “Advances in Smart Environment Monitoring Systems Using IoT and Sensors”, *Sensors*, 20(11): 3113.
61. World Health Organization, 1986. “Ottawa Charter for Health Promotion”, In First International Conference on Health Promotion, Ottawa: Canada.
62. World Health Organization, 1998. The World Health Report 1998: *Life in the 21st Century: a Vision for All: Report of the Director-General*, Geneva: World Health Organization.
63. World Health Organization, 2019. *Implementation Framework For Phase Vii (2019-2024) of the Who European Healthy Cities Network: Goals, Requirements and Strategic Approaches: Final*, Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe.

Date Received 2023-12-08
Reviewed(1st) 2024-01-30
Date Revised 2024-04-29
Reviewed(2nd) 2024-05-11
Date Accepted 2024-05-11
Final Received 2024-07-11