

의미연결망과 토픽모델링을 활용한 스마트 도시재생 연구동향 분석*

Analysis of Smart Urban Regeneration Research Trends Using Semantic Network and Topic modeling

오세진** · 정연준*** · 이경환**** · 고은정*****

Oh, Se-Jin · Jeong, Yeon-Jun · Lee, Kyung-Hwan · Ko, Eun-Jeong

Abstract

The purpose of this study is to analyze the research topics and research trends of smart urban regeneration research by period. For this study, information such as titles, abstracts, and years of 95 academic papers and 162 theses related to smart city regeneration registered in the Korean Journal Citation Index (KCI) was extracted and analyzed. Specifically, the semantic network and topic modeling analysis were performed using the NetMiner 4.5 program. As a result of the analysis, studies related to smart urban regeneration have increased rapidly since 2018, and the frequency of words such as local government, region, energy, analysis, and plan was high. K-mean s clustering analysis was reached to the end, and based on the above, 7 topics were minimized, and 7 keywords were stretched out for each topic through the LDA algorithm. As a result, Topic4, which has sustainability, community, and cooperation as keywords, was able to classify the most weighting picks into topics, and topic modeling analysis was analyzed by classifying them based on the past 2018 in relation to smart urban regeneration. The common point before and after 2018 is that it seeks to form a base-oriented community through the integration and integration of technologies and to preserve the identity of the region based on convenience. The difference is that before 2018, research related to smart urban regeneration was conducted centering on urban image and eco-friendly design, but after 2018, smart technology was applied to industry, environment, and regionally specialized resources to realize sustainable smart urban regeneration based on the region.

주 제 어 : 스마트 도시재생, 토픽모델링, 의미연결망, 도시재생사업

Key word : Smart Urban Regeneration, Topic Modeling, Semantic Network, Urban Regeneration Project

* 이 논문은 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구(NRF-2019S1A5A8037427)로 2023년 한국도시계획학회 춘계학술발표대회에서 발표한 논문을 수정보완하여 작성하였음

** 국립공주대학교 도시융합시스템공학과 석사과정(주저자: tpwls_0925@naver.com)

*** 국립공주대학교 도시교통공학과 박사수료(공동저자: yeonjun901125@naver.com)

**** 국립공주대학교 도시융합시스템공학과 교수(공동저자: khlee39@kongju.ac.kr)

***** (전)서울대학교 공학연구원 연수연구원(교신저자: ejko81@snu.ac.kr)

I. 서론

최근 한국에서는 저출산 및 고령화, 수도권 인구집중 및 지방 소멸, 신시가지 개발로 인한 원도심 쇠퇴와 같은 다양한 도시문제가 발생하고 있다. 특히 수도권 및 지방 대도시로 인구가 집중됨에 따라 지방 소도시들은 인구감소 문제가 점점 심각해지고 있으며, 이로 인해 지방 도시 소멸 문제까지 나타나고 있다. 2020년 소멸 고위험군에 포함되어 있는 기초지자체 수는 22개였으나, 2022년 3월에는 2배 이상 증가하여 45개의 기초지자체가 소멸 고위험군에 포함되어 있다(이상호, 2022).

이와 같이 지방도시 쇠퇴 및 원도심 공동화 문제를 해결하기 위해 전국적으로 도시재생사업이 활발히 진행되고 있으며 최근에는 도시재생에 스마트 ICT기술을 융합한 스마트 도시재생사업도 진행되고 있다. 스마트 도시재생사업은 스마트기술을 적용함으로써 도시재생사업 추진과정에서 나타나는 다양한 문제들을 해결하기 위한 사업으로 크게 스마트시티형 도시재생사업, 생활밀착형 도시재생 스마트 기술 지원사업 등으로 구분할 수 있으며, 스마트사업의 특성상 교통, 환경, 교육, 복지 등 다양한 분야의 협력을 통해 사업이 추진된다.

이와 같이 최근 들어 스마트 도시재생사업이 활발히 진행되고 있지만, 스마트 도시재생의 개념이 다양하고 스마트 도시재생사업에 다양한 분야가 연계되어 있다 보니 학술적으로 스마트 도시재생의 개념은 복잡하고 모호한 측면을 가지고 있다. 이에 본 연구는 의미연결망과 토픽모델링 분석을 통해 스마트 도시재생 연구 경향을 파악하고 주요 토픽들을 분석함으로써 스마트 도시재생의 개념을 명확히 하고 스마트 도시재생사업 정책에 답아야 할 내용들을 제안하는데 목적이 있다.

II. 선행연구 및 관련 이론 고찰

1. 스마트 도시재생의 정의 및 관련 연구 동향

스마트기술이 기성시가지에도 적용됨에 따라 스마트 도시재생에 대한 관심이 증가하고 있지만(강수연 외, 2022), 스마트 도시재생은 아직 법률적으로 명확하게 정의되어 있지 않다. Huston(2017)은 스마트 도시재생을 단순히 어떤 지향점이 아니라 경제, 사회, 환경, 거버넌스 참여 등 협력적인 기관 네트워크에 개입되는 사고방식으로 총칭하였으며, Allam and Newman(2018)는 스마트 인프라, 문화, 소통체계와 거버넌스를 기반으로 스마트 도시재생 모델이 만들어져야 한다고 주장하였다. 국토교통부(2018)는 같은 맥락에서 스마트시티와 도시재생을 결합한 스마트시티형 도시재생사업을 제안하였으며, 스마트시티형 도시재생사업을 기존 도시재생사업과 연계하여 스마트기술이 접목될 수 있도록 진행하는 사업으로

정의하였다. 조돈철(2022)은 관련 선행연구와 스마트시티, 도시재생 관련 법률에 대한 분석을 통해 스마트 도시재생을 건설·정보통신기술 등을 융·복합하여 다양한 스마트시티 기술과 서비스를 통해 도시재생을 도모하고 시민 삶의 질을 향상시키는 것으로 정의하였다.

국내 스마트 도시재생은 U-City, 스마트시티 등의 개념과 도시재생이 결합되어 2017년을 전후로 논의가 활발히 진행되었으며, 2018년 스마트시티형 도시재생사업이 도입되면서 스마트 도시재생의 개념이 자리를 잡았다(국토교통부, 2018). 스마트 도시재생과 관련하여 강수연 외(2022)는 스마트 도시재생사업에 적용할 수 있는 스마트 도시재생서비스를 도출하고 각 스마트 도시재생서비스의 중요도를 분석함으로써 스마트 도시재생사업을 효과적으로 추진하기 위한 정책 방향을 제안하였다. 김나현·김용진(2023)은 초고령사회로 빠르게 전환되어 가고 있는 우리나라 상황에서 스마트시티형 도시재생사업에 있어서 실제 사업의 수혜자이자 주요 참여자가 고령자임에 주목하여, 고령자를 위한 스마트 도시재생 서비스의 중요도를 파악하고, 전문가가 평가한 중요도가 실제 서비스 수혜자인 고령자와 어떠한 차이가 있는지를 분석한 바 있다.

2. 의미연결망과 토픽모델링을 활용한 연구동향 분석

최근 머신러닝과 딥러닝 기술이 발달함에 따라 건축 및 도시계획 분야에서도 의미연결망과 토픽모델링을 활용한 연구들이 활발히 진행되고 있다. 토픽모델링이란 구조화 되지 않은 대량의 자료에서 일정한 패턴을 발견하고 주제를 찾아내 토픽으로 유형화하는 방법으로(Griffiths and Steyvers, 2004; Blei, 2012) 주요 키워드들 간의 관계를 분석하고 시각적으로 쉽게 분석하기 위한 의미연결망 분석도 다양한 연구에서 적용되고 있다.

이와 관련하여 장선영·정승현(2021)은 토픽모델링을 활용한 도시분야 연구동향 분석을 통해 각 키워드의 빈도와 시기별 경향을 파악하고, 주요 토픽을 도출하고 유형화함으로써 유형별 연구 경향을 제시하였다. 김영주·김미정(2019)은 도시 내 유휴공간 재생 관련 논문에 대한 분석을 통해 연구주제를 5가지로 구분하고, 이를 바탕으로 유휴공간 활용방안을 제시하였다. 박한샘 외(2019)는 STM기반 토픽모델링 알고리즘을 활용하여 스마트시티 세부 연구토픽을 도출하고, 토픽 발현 확률을 기준으로 연구동향을 파악하였다. 임시영 외(2014)는 U-City와 Smart City 연구동향에 대한 분석을 통해 U-City와 Smart City의 차이를 제시하였다. 김영우 외(2021)는 포스트코로나 시대 도시-건축설계의 방향성을 파악하기 위해 코로나19 팬데믹이 선언된 이후부터 2020년 12월까지 개최된 코로나19 관련 건축설계 공모전을 대상으로 수집한 도면, 이미지, 다이어그램, 텍스트 등 비정형 정보로 이루어진 자료들을 키워드로 정리하고 네트워크 분석 및 토픽모델링 분석을 진행하였다.

선행연구를 통해 살펴본 결과 최근 들어 건축 및 도시계획 분야에서도 의미연결망과 토픽모델링을 활용하여 연구동향을 분석하는 다양한 연구들이 진행되고 있음을 알 수 있다. 하지만 앞에서 살펴본 바와 같이 스마트 도시재생 연구 경향을 파악하고 이를 통해 스마트 도시재생의 개념을 재정립하는 연구가 필요함에도 불구하고 아직까지 관련 연구가 진행되지 않고 있어 이에 대한 연구가 필요한

상황이라고 판단된다. 이에 본 연구에는 토픽모델링 기법중 하나인 LDA(Latent Dirichlet Allocation)을 활용하여 각 문서를 구성하는 토픽의 비중을 추출하고, 각 토픽을 설명하는 키워드들의 비중을 함께 분석하고자 한다.

Ⅲ. 분석의 틀

1. 데이터 수집 및 전처리

본 연구는 스마트 도시재생 분야 연구동향 분석을 위해 ‘스마트 도시재생’을 키워드로 국내학술지 인용색인(KCI)에 등재되거나 등재후보지에 게재된 학술논문 95건과 학위논문 162건의 초록을 분석 자료로 활용하였다. 이 과정에서 Compact City, 콤팩트시티와 같이 영문과 한글이 동시에 쓰이는 단어와 거주민, 거주자와 같이 비슷한 의미로 쓰이는 단어는 유의어로 정리하였으며, 분석에 불필요한 단어들과 텍스트마이닝 과정에서 추출된 파편 어휘는 제외어로 정리하였다. 이름, 상호와 같은 고유 단어는 그대로 추출될 수 있도록 지정어로 구분하였다. 또한 1음절 단어, 지역명, 사람 이름 등은 제외하였으며 TF-IDF값을 0.5이상으로 지정하여 중요하지 않은 단어들과 검색어에 포함되는 단어인 도시, 스마트와 같은 단어 또한 제외하는 전처리 과정을 진행하였다.

2. 분석 방법

본 연구에서는 분석에 활용된 257개 논문의 연도별 추세를 파악하고 각 키워드의 중요도 분석을 통해 핵심키워드를 도출하였으며, 텍스트마이닝 및 토픽모델링 분석 프로그램인 NetMiner 4.5를 활용하여 의미연결망 분석 및 토픽모델링 분석을 진행하였다.

먼저 키워드 중요도 분석은 전체 문헌에서 해당 어휘가 몇 번 등장했는지 나타내는 빈도수와 TF-IDF값을 기준으로 중요도를 판단하였다. TF-IDF(term frequency-inverse document frequency) 값은 문서 집합에서 한 단어가 얼마나 중요한지를 수치적으로 나타낸 가중치로 한 문서에서 해당 단어가 등장하는 빈도가 높을수록 커지고, 반대로 문서 집합에서 해당 단어를 포함하는 문서가 많을수록 반비례해서 작아진다.

다음으로 단어와 단어 간 연계 관계를 중심으로 의미연결망 분석을 진행하였다. 의미연결망 분석은 키워드 간 네트워크를 생성하여 연결중심성(degree centrality), 근접중심성(closeness centrality), 매개중심성(betweenness centrality) 지수를 도출하고 의미연결망에서 해당 키워드가 어떤 역할을 하는지 관계를 도출하는 것으로 본 연구에서는 엣지리스트의 동출현 빈도를 TF-IDF로 환산하여 의미연결망 분석을 수행하였다. 구체적으로는 정제된 어휘(Node)를 연결하는 연결망의 크기(Window size)를 5회, 동출현 빈도를 20회 이상으로 설정하여 동출현 빈도가 높은 단어쌍을 엣지리스트로 추출하였다. 엣지리스트로

정리된 단어쌍의 동출현 빈도와 출현 문헌, 전체 문헌 수를 수식 1에 대입하여 TF-IDF값을 도출하고 TF-IDF값의 총합을 기준으로 의미연결망 분석을 수행하였다(Dadgar et al, 2016).

$$TF-IDF = TF \times \ln\left(\frac{D}{DF}\right)$$

TF: 해당 단어쌍의 빈도, D: 전체 문헌 수, DF: 해당 단어쌍이 포함된 문헌 수

수식 1. TF-IDF 도출식

연결중심성은 특정 어휘가 다른 어휘와 직접적으로 연결된 정도를 측정하는 지수로 전체 의미연결망에서 얼마나 핵심적인 역할을 하는지 확인할 수 있다. 근접중심성은 어휘와 어휘간의 직접 연결뿐만 아니라 간접적인 연결까지 계산하여 연결된 모든 어휘와의 거리를 계산한 값으로 근접중심성이 높으면 어휘 간 직접적인 관계는 높지 않아도 전체적인 네트워크에서 영향력이 높다고 볼 수 있다. 매개중심성은 연결된 노드들을 측정한 값으로 중개 역할을 하는 노드는 매개중심성이 높게 나타난다(권상화·차민경, 2015).

토픽모델링 분석을 위해 도시재생뉴딜사업이 활성화된 2018년을 기준으로 연구 토픽을 구분하였으며, 포함되는 어휘의 의미를 바탕으로 연구주제를 추정하였다. 적정토픽의 개수는 K-mean clustering의 실루엣 계수를 기준으로 도출하였으며, 해당 토픽을 구성하는 핵심 키워드를 기준으로 토픽을 추정하여 2018년 전후의 연구 동향을 살펴보고자 하였다.

IV. 스마트 도시재생 연구동향 분석결과

1. 연도별 논문 추이 및 키워드 중요도 분석

분석에 활용된 논문들의 발행연도를 살펴보면 그림 1과 같다. 분석결과 스마트 도시재생사업이 본격적으로 진행된 2018년을 기준으로 관련 연구가 급증한 것을 알 수 있는데, 2018년 3월 도시재생 뉴딜 로드맵이 발표되고 스마트시티형 도시재생사업이 도입됨에 따라 스마트 도시재생에 대한 연구도 증가한 것으로 판단된다.

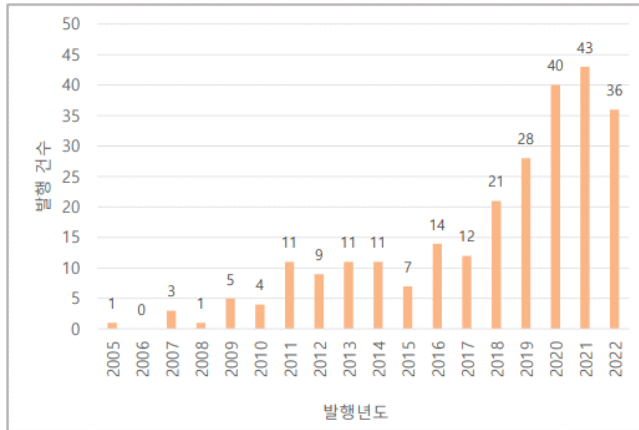


그림 1. 연도별 스마트 도시재생 관련 연구논문 수

텍스트마이닝을 통해 스마트 도시재생 관련 키워드를 도출한 결과 4,740개 단어가 추출되었으며, 전처리를 통해 빈도 기준으로 1,347개 주요 단어를 도출하였다. 노출 빈도가 높게 나타난 상위 30개 단어는 표 1과 같으며, 상위 500개 단어들을 바탕으로 워드클라우드를 구성한 결과는 그림 2와 같다. 이 중에서 가장 많이 언급된 키워드는 지자체였으며, 다음으로는 지역, 에너지, 분석, 계획 순으로 나타났다. 해당 키워드들을 살펴보면 지자체, 지역 등의 키워드 빈도가 가장 높게 나타났는데, 이는 도시재생사업을 추진하는 과정에서 각 지역의 문제 해결을 위한 스마트 기술이 도시재생사업에 적용되면서 스마트 도시재생사업이 본격적으로 추진되었음을 고려할 때, 관련 연구에서도 지자체, 지역 특성이 중요하게 다루어지고 있음을 알 수 있다. 또한 에너지, 환경 관련 키워드 빈도가 높게 나타나는데, 이는 스마트 도시재생서비스의 중요도를 산정한 가수연 외(2022)의 연구결과와도 유사한 것으로 스마트 도시재생 관련 연구에서도 에너지·환경 분야가 중요하게 다루어지고 있음을 알 수 있다.

표 1. 텍스트마이닝을 통한 스마트 도시재생 키워드 빈도분석 결과

순위	어휘	빈도	순위	어휘	빈도	순위	어휘	빈도
1	지자체	1,169	11	활용	444	21	중심	299
2	지역	846	12	정책	415	22	시설	282
3	에너지	739	13	산업	408	23	가능	279
4	분석	705	14	요소	367	24	지표	266
5	계획	700	15	사회	348	25	방안	262
6	사업	569	16	경제	336	26	발전	257
7	개발	554	17	적용	327	27	문화	257
8	기술	525	18	변화	315	28	추진	254
9	공간	494	19	관리	312	29	시스템	252
10	환경	452	20	제시	304	30	활성	251



그림 2. 워드클라우드를 활용한 스마트 도시재생 관련 키워드 분석 결과

표 2는 TF-IDF분석을 통해 추출된 키워드를 대상으로 빈도분석을 수행한 결과이다. TF-IDF는 해당 키워드가 전체 문서에서 얼마나 많은 빈도로 나타나는지 보여주는 지표로 값이 높을수록 해당 단어의 중요도가 높고 반대로 값이 낮을수록 특정 문서에서 노출되는 빈도에 비해 전체 문서에서 노출되는 빈도가 낮다는 것을 의미한다. 본 연구에서는 TF-IDF값을 0.5이상으로 설정하여 키워드를 추출하였으며, 각 키워드의 상대적인 중요도를 분석한 결과는 표2와 같다. 분석결과 지표, 요인, 복합, 지속가능, 도심, 장소, 산업단지, 관광 등이 주요 키워드로 도출되었는데, 이를 통해 해당 키워드들은 다양한 논문들에서 폭넓게 다루어지고 있는 것이 아니라 특정 논문에서 출현 빈도가 높은 주제어나 중요어일 가능성이 높다고 판단된다(이성직 · 김한준, 2009). 특히 지표, 요인, 복합과 같은 키워드들은 도시재생사업에 스마트기술을 적용하는 과정에서 데이터의 중요성이 높아지면서 해당 키워드들의 중요도 또한 높아진 것으로 판단된다.

표 2. TF-IDF 분석을 통해 추출된 키워드의 빈도분석 결과

순위	어휘	빈도	순위	어휘	빈도	순위	어휘	빈도
1	지표	266	11	도시계획	111	21	공원	87
2	요인	250	12	소비	109	22	융합	86
3	복합	195	13	전력	103	23	정비	84
4	지속가능	192	14	건물	99	24	블록	84
5	도심	155	15	커뮤니티	90	25	친환경	83
6	장소	151	16	축소	90	26	기초	82
7	산업단지	148	17	건설	90	27	도시개발	78
8	디자인	127	18	예측	89	28	기후변화	78
9	공급	127	19	역사	88	29	플랫폼	76
10	관광	116	20	부문	88	30	태양광	76

표 3은 TF-IDF값을 기준으로 각 키워드의 중요도 분석을 수행한 결과로 체계, 시설, 주민, 정책 등이 상위 키워드로 도출되었다. 이 중에서 체계, 시설, 이용, 정보 등의 키워드는 출현 빈도는 높지 않지만 TF-IDF값은 높은 것으로 나타났는데, 위 키워드들은 많은 문헌에서 다루어지지 않지만 스마트 도시재생 관련 주요문헌을 중심으로 핵심적으로 언급되는 중요 키워드임을 보여준다. 그에 비해 주민, 정책, 공간, 에너지, 사업 등의 키워드는 출현 빈도와 TF-IDF값이 모두 높은 것으로 나타나 스마트 도시재생과 관련된 다수의 연구에서 핵심 어휘로 다루어지는 키워드임을 알 수 있다.

표 3. TF-IDF값을 기준으로 한 키워드 중요도 분석 결과

순위	어휘	TF-IDF	빈도	문헌수	순위	어휘	TF-IDF	빈도	문헌수	순위	어휘	TF-IDF	빈도	문헌수
1	체계	24.6	211	82	11	효과	23.4	236	78	21	시스템	22	252	73
2	시설	24.5	282	81	12	방안	23.4	262	117	22	과정	21.9	158	73
3	주민	24.3	471	121	13	사회	23.4	348	117	23	영향	21.9	195	73
4	정책	24.1	415	120	14	문화	23.2	257	77	24	조사	21.7	183	72
5	공간	24	494	118	15	해결	22.8	153	76	25	경제	21.6	336	107
6	에너지	23.9	739	84	16	계획	22.7	700	131	26	기반	21.6	219	108
7	이용	23.8	178	79	17	기술	22.7	525	112	27	참여	21.3	168	71
8	정보	23.5	236	78	18	중심	22.3	299	111	28	기준	21.2	180	106
9	사업	23.5	569	117	19	개념	22.2	148	74	29	발전	21	257	105
10	방향	23.4	142	78	20	제안	22.2	134	74	30	평가	20.9	192	52

2. 의미연결망 분석

본 연구에서는 엣지리스트의 동출현 빈도를 TF-IDF로 환산하여 의미연결망 분석을 수행하였으며, 구체적으로는 연결중심성 지수와 네트워크 맵을 활용하여 키워드 간 관계와 방향성을 살펴보고, 근접중심성, 매개중심성을 비교하여 문헌에서 각 키워드의 기능과 중심성을 분석하였다. 키워드의 관계를 시각화한 네트워크 맵은 그림3과 같으며, 각각의 중심성 분석결과는 표4와 같다.

연결중심성 분석결과 지자체(23.671), 에너지(19.182), 지역(18.123), 계획(15.447) 순으로 중심성이 높게 나타나 키워드 중요도 분석결과와 유사한 결과를 보였다. 지자체, 에너지, 지역, 환경 등의 키워드는 In-Degree값이 높은 키워드로 다른 키워드들이 해당 어휘로 집중되는 경향을 보이며, 계획, 분석, 기술 등의 키워드는 Out-Degree값이 높게 나타나 다양한 키워드에 미치는 영향력이 높은 키워드라고 판단된다. 근접중심성 분석결과 지자체(0.331), 지역(0.289), 계획(0.281) 순으로 중심성이 높게 나타났으며, 상위 10개 키워드 중 활용, 개발, 특성은 연결중심성과 매개중심성은 높지 않지만 근접중심성은 높은 것으로 나타났다. 매개중심성 지수 분석결과 에너지(0.017), 분석(0.017), 지자체(0.016) 순으로 중심성이 높게 나타났으며, 에너지와 지자체의 경우 연결중심성, 근접중심성, 매개중심성 모두 높은 것으로 나타났다.

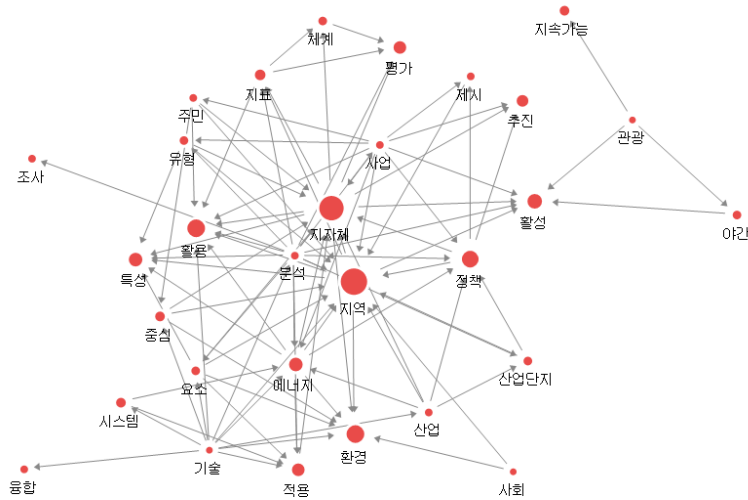


그림 3 연결중심성 지수 네트워크 맵

표 4. 키워드 간 네트워크 계수 분석결과

연결중심성					근접중심성			매개중심성		
순위	어휘	Sum	In-Degree	Out-Degree	순위	어휘	계수	순위	어휘	계수
1	지자체	23.671	19.132	4.539	1	지자체	0.331	1	에너지	0.017
2	에너지	19.182	10.640	8.541	2	지역	0.289	2	분석	0.017
3	지역	18.123	13.898	4.225	3	계획	0.281	3	지자체	0.016
4	계획	17.895	0.575	17.320	4	활용	0.248	4	지역	0.013
5	분석	15.447	4.767	10.680	5	개발	0.247	5	사업	0.007
6	기술	14.731	2.613	12.118	6	에너지	0.242	6	기술	0.007
7	사업	11.846	3.680	8.167	7	환경	0.241	7	지표	0.005
8	공간	9.208	1.010	8.197	8	분석	0.239	8	정책	0.004
9	환경	9.161	9.161	0.000	9	특성	0.223	9	산업	0.004
10	정책	8.516	6.396	2.120	10	지표	0.223	10	공간	0.003

3. 토픽모델링을 활용한 스마트 도시재생 연구동향 분석

토픽모델링 분석을 위한 적정 토픽의 수는 표본에 대한 K-mean Clustering 분석을 통해 실루엣 계수를 도출하고 이를 기준으로 판단할 수 있다(Greene, D et al, 2014). 실루엣 계수는 군집화 결과를 평가하는 지표 중 하나로 본 연구에서는 실루엣 계수의 변화폭이 가장 큰 지점을 최적 군집수로 판단하였다. 분석결과 전체 키워드를 7개로 군집화 하였을 때 가장 큰 변화폭을 보여 7개 토픽이 가장 적절하다고 판단되었다. 이어서 LDA(Latent Dirichlet Allocation) 알고리즘을 활용하여 7개 토픽과 관련된 키워드를

추출하였으며, 구체적인 분석결과는 표 5와 같다.

토픽모델링 분석결과 가장 많은 비중을 차지한 토픽은 Topic4로 전체 토픽의 37%를 차지하는 것으로 나타났다. 이를 구체적으로 살펴보면 지속가능, 커뮤니티, 건설, 혁신, 기반시설, 주거환경, 협력 등이 주요 키워드로 도출되었는데, 이는 지속가능한 도시재생 방안을 모색하는 연구로 커뮤니티를 중심으로 한 협력적 재생과 건설 혁신을 위해 스마트 도시재생을 적용한 주제로 판단된다. 이어서 Topic5와 Topic7가 각각 전체 토픽의 13%를 차지하는 것으로 나타났다. 이를 구체적으로 살펴보면 Topic5는 장소, 관광, 디자인, 미디어, 콘텐츠, 향만, 수변 등이 주요 키워드로 도출되었는데 이는 스마트 도시재생사업 중 미디어를 활용한 관광 콘텐츠가 증가함에 따라 관련 키워드들이 군집화되어 나타난 결과로 보여진다. Topic7은 요인, 전력, 신재생, 태양광, 전기, 공급, 소비 등이 주요 키워드로 도출되었는데, 이는 에너지소비의 복합적인 영향요인을 분석하고 기후·환경적 변화에 대응하는 기술을 스마트 도시재생에 적용하면서 나타난 결과로 판단된다. 이어서 Topic1은 전체 토픽의 11%를 차지하며, 융합, IT, 플랫폼, 리빙랩, 마을, 공원 등이 주요 키워드로 도출되었는데 이는 스마트 도시재생 분야에서도 IT 기술을 활용한 시민참여 도시재생이 중요해지면서 도출된 주제로 판단된다.

표 5. 스마트 도시재생 관련 연구 토픽모델링 분석결과

주제	키워드	비율
Topic1	요인, 융합, IT, 플랫폼, 리빙랩, 마을, 공원	11%(29)
Topic2	산업단지,복합, 축소, 농업, 입지, 공급, 주거지	8%(20)
Topic3	지표, 부문, 기후변화, 친환경, 건물, 녹색, 예측	9%(24)
Topic4	지속가능, 커뮤니티, 건설, 혁신, 기반시설, 주거환경, 협력	37%(95)
Topic5	장소, 관광, 디자인, 미디어, 콘텐츠, 향만, 수변	13%(33)
Topic6	도심, 학교, 야간, 블록, 역사, 구역, 건축물	9%(24)
Topic7	요인, 전력, 신재, 태양광, 전기, 공급, 소비	13%(33)

토픽모델링 분석결과를 도식화하면 그림 4과 같다. 대부분의 토픽은 독립적으로 군집을 형성하고 있지만 Topic1, Topic2, Topic7은 상호 연계 관계를 갖고 있다. 또한 Topic1과 Topic7은 요인이 공통키워드로 나타났고, Topic2와 Topic7을 연결하는 키워드는 공급과 전기로 나타났다.

이어서 정부 정책으로 스마트시티형 도시재생사업이 본격적으로 도입된 2018년을 기준으로 시기를 구분하고 토픽모델링 분석을 통해 시기별 토픽 변화를 비교 분석하였다. 2018년 이전 연구들을 대상으로 토픽모델링 분석을 수행한 결과는 표 6과 같으며, 스마트 시설물, 스마트성장, 빅데이터를 활용한 토지이용예측이 주요 주제로 도출되었다. Topic1은 전체 토픽의 31%를 차지하며, 장소, 디자인, 미디어, 골프장, 조명, 경관 등 스마트기술을 개발하고 시설에 적용하는 스마트 시설물 관련 어휘가 주요 토픽으로 나타났다. Topic2는 전체 토픽의 49%를 차지하며, 친환경, 콤팩트시티, 산업단지, 대중교통 등 스마트성장 관련 어휘가 주요 토픽으로 나타났다. Topic3은 전체 토픽의 19%를 차지하며, 블록, 건물, 주거지, 예측, 상업, 공동 등 빅데이터를 활용한 토지이용예측 관련 어휘가 주요 토픽으로 나타났다.

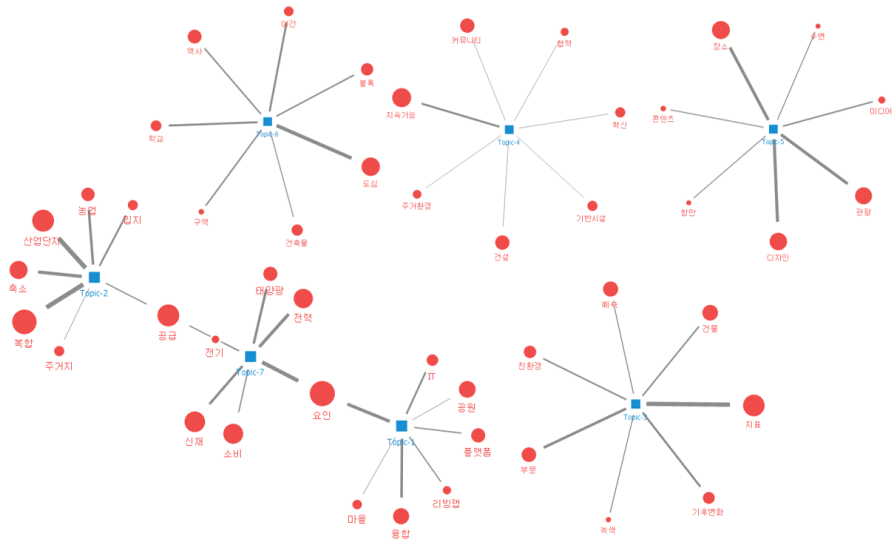


그림 4. 스마트 도시재생 관련 연구 토픽모델링 분석결과

표 6. 2018년 이전 연구동향 토픽모델링 분석결과

주제		키워드	비율
Topic1	스마트시설물	장소, 디자인, 미디어, 골프장, 조명, 경관	31%(28)
Topic2	스마트성장	지표, 친환경, 컴팩트시티, 단지, 산업단지, 대중교통, 부분	49%(44)
Topic3	빅데이터를 활용한 토지이용예측	요인, 블록, 건물, 주거지, 예측, 상업, 공동	19%(17)

2018년 이후 연구들을 대상으로 토픽모델링을 수행한 결과는 표 7과 같다. 분석결과 스마트 거점시설, 스마트 축소, 스마트 그리드가 주요 토픽으로 도출되었다. 가장 높은 비중을 차지한 토픽은 Topic2로 전체 토픽의 43%를 차지하며, 주요 구성어휘는 지속가능, 관광, 공원, 축소 등으로 나타났는데, 이는 스마트기술을 활용하여 지속적인 모니터링 및 관리체계를 구축하고 관광 활성화를 지원하며, 지방소멸에 따른 스마트축소를 유도하는 주제로 판단된다. 이어서 Topic1과 Topic3은 각각 전체 토픽의 29%를 차지하는 것으로 나타났는데, Topic1은 복합, 농업, 디자인, 학교, 역사, 건축물 등이 주요 구성어휘로 기능 복합을 통해 지역자원을 활용하는 스마트 거점시설 관련 주제로 판단된다. Topic1과 Topic2는 스마트 기술을 융합하여 도시 축소를 지원하고 거점공간 구축을 통해 효율적인 공간 활용을 유도한다는 측면에서 공통점이 있지만 Topic1은 농업, 역사 등 지역의 고유 자원을 활용하는 어휘가 주요 키워드로 도출된 반면 Topic2는 관광, 지속가능 등 지역 활력 관련 어휘가 주요 키워드로 나타났다. 마지막으로 Topic3의 주요 어휘는 산업단지, 수요, 주거, 공급, 융합, 전력, IT 등으로 첨단산업 시대 스마트 그리드 구축과 관련된 연구주제로 판단된다.

표 7. 2018년 이후 연구동향 토픽모델링 분석결과

주제		키워드	비율
Topic1	스마트거점시설	복합, 기능, 농업, 디자인, 학교, 역사, 건축물	29%(48)
Topic2	스마트축소	지속가능, 지표, 평가, 관광, 공원, 축소, 기초	43%(72)
Topic3	스마트그리드	산업단지, 수요, 주거, 공급, 융합, 전력, IT	29%(48)

위 결과를 종합하면 스마트 도시재생 관련 연구들은 기술의 복합화 및 집적화를 통해 지역에 필요한 거점시설을 조성하고 스마트 기술을 활용하여 편의성을 제공한다는 측면에서 공통점이 있다고 볼 수 있다. 다만 2018년 이전에는 스마트 도시재생 관련 연구가 도시이미지, 친환경 설계 등 다양한 주제를 중심으로 진행된 반면 스마트시티형 도시재생사업이 본격적으로 도입된 2018년 이후로는 스마트 기술을 산업, 환경, 지역특화자원 등에 적용하여 지역기반의 지속가능한 스마트 도시재생을 실현하는 연구들이 집중적으로 진행되었다는 측면에서 차이를 보인다. 특히 2018년 이후로는 지방소멸에 따른 축소도시, 용도복합 등의 주요 주제가 도출되었음을 알 수 있는데, 이와 같은 결과는 최근 들어 나타나는 인구축소, COVID-19와 같은 사회문제가 반영한 것으로 볼 수 있다.

V. 결론

본 연구는 의미연결망과 토픽모델링을 활용하여 스마트 도시재생 연구 경향을 파악하고 주요 토픽들을 분석함으로써 스마트 도시재생의 개념을 명확히 하고 스마트 도시재생사업 정책에 담아야 할 내용들을 제안하는데 목적이 있다. 이를 위해 스마트 도시재생을 키워드로 국내학술지인용색인(KCI)에 등재되거나 등재후보지에 게재된 학술논문 95건과 학위논문 162건의 초록을 활용하여 토픽모델링 분석 및 의미연결망 분석을 진행하였으며, 주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 키워드 빈도분석 결과 가장 많이 언급된 키워드는 지자체, 지역, 에너지였으며, TF-IDF값을 0.5이상으로 설정하여 키워드 빈도분석을 수행한 결과 지표, 요인, 복합이 상위 단어로 도출되었다. 또한 TF-IDF값을 기준으로 한 키워드 중요도 분석 결과 체계, 시설, 주민, 정책 등이 주요 키워드로 도출되었는데, 위 키워드들은 특정 논문에서 출현빈도가 높은 주제나 중요어일 가능성이 높다고 판단된다.

둘째, 의미연결망 분석을 통한 연결중심성 지수와 네트워크 맵을 활용하여 키워드 간 관계와 방향성을 살펴보고, 근접중심성, 매개중심성과 비교하여 문헌에서 각 키워드의 기능과 중심성을 분석한 결과 에너지, 지자체, 지역 등의 중심성이 높게 나타났다, 이와 같은 결과는 스마트 도시재생사업을 추진하는 과정에서 각 지역의 문제 해결을 위한 스마트기술과 지자체, 지역 특성이 중요하게 다루어지고 있음을 시사한다.

셋째, 토픽모델링 분석결과 지속가능, 협력, 커뮤니티 등을 키워드로 포함하는 Topic4가 가장 많은 비중을 차지하는 것으로 나타났으며, 이를 통해 지속가능한 스마트 도시재생을 실현하기 위해서는 커뮤니티를 통한 협력이 중요함을 알 수 있다. 이어서 많은 비중을 차지한 토픽은 Topic5와 Topic7로 나타났는데, 이를 통해 스마트 도시재생사업 중 미디어를 활용한 관광 콘텐츠 증가 및 에너지소비의 복합적인 영향요인이 스마트 도시재생사업 정책에서 중요하게 다루어지고 있음을 알 수 있다. Topic1에서는 IT, 플랫폼, 리빙랩 등의 키워드가 도출되었으며, 향후 IT 기술을 활용한 시민 참여 도시재생 정책 마련이 요구된다.

넷째, 시기별로 살펴보면 도시재생사업이 본격화된 2018년을 기점으로 스마트 도시재생 관련 연구가 크게 증가한 것을 알 수 있다. 2018년 전후 두 시기의 토픽을 비교해보면 공통적으로 복합개발과 관련한 키워드가 많이 제시되었다. 차이점을 살펴보면 2018년 이전에는 도시 이미지 관련 키워드가 주요 토픽으로 제시된 반면, 2018년 이후에는 지역자원을 활용한 지속가능한 도시재생, 주거공급, 축소도시와 같은 키워드가 주요 토픽이 제시되었다.

위 내용을 종합하였을 때, 인구집중에 따른 지방소멸, 주거환경 변화 및 노후화 등 다양한 도시문제에 대응하여 다수의 스마트 도시재생 관련 연구가 진행되고 있으며 재생사업을 추진하는 과정에서 스마트기술은 선택이 아닌 필수 요소가 되었음을 알 수 있다. 또한 도시재생사업 추진 과정에서 다양한 도시문제를 해결하기 위해서는 환경, 정책, 빅데이터 등 다양한 분야를 함께 고려해야 하며 향후 스마트 도시재생사업을 효과적으로 추진하기 위해서는 지금보다 더욱 다양한 주체들이 협력하고 이해 관계자 간 의견 공유가 필요할 것으로 판단된다. 또한 같은 맥락에서 도시문제 해결을 위해 다양한 분야의 데이터를 어떻게 활용할 것인지에 대한 연구가 진행될 필요가 있다.

본 연구는 의미연결망과 토픽모델링을 활용하여 스마트 도시재생 연구동향을 분석하고 이를 토대로 스마트 도시재생사업 및 정책에 담아야 할 내용들을 제안하였다는 측면에서 의의가 있다. 하지만 본 연구는 스마트 도시재생을 키워드로 수집이 가능한 257개 국내 학술논문 및 학위논문만을 대상으로 연구를 진행하였다는 측면에서 한계가 있다. 향후 국내 학술논문 뿐만 아니라 스마트 도시재생 관련 연구보고서, 해외 문헌, 정책 보도자료 등 보다 다양한 형태의 데이터를 수집하고 분석에 활용한다면 보다 폭넓은 범위의 연구 동향을 파악하고 스마트 도시재생과 관련된 보다 현실적인 정책 대안을 제시하는데 도움이 될 것으로 판단된다.

인용문헌

- 강수연 · 정연준 · 이경환 · 고은정, 2022. “몬테카를로 시뮬레이션을 활용한 스마트 도시재생서비스 도출 및 중요도 산정”, 「대한건축학회논문집」, 38(6): 27-35.
- 국토교통부, 2018. 「내 삶을 바꾸는 도시재생 뉴딜 로드맵」, 세종.
- 김나현 · 김용진, 2023. “고령자를 위한 스마트 도시재생 서비스 중요도에 관한 연구”, 「한국도시재생학회지」, 9(2): 5-23.
- 김영주 · 김미정, 2019. “도시재생에 관한 연구동향 분석 연구”, 「한국실내디자인학회논문집」, 8(5): 51-59.
- 김영우 · 최진규 · 강범준, 2021. “포스트코로나 건축도시설계 공모전의 핵심개념 분석”, 「대한건축학회논문집」, 37(12): 129-140.
- 박한샘 · 김동현 · 장성주, 2019. “구조적 토픽 모델링 기반 스마트시티 연구 동향 분석”, 「한국디지털콘텐츠학회 논문지」, 29(9): 1839-1846.
- 이성직 · 김한준, 2009. “TF-IDF의 변형을 이용한 전자뉴스에서의 키워드 추출 기법”, 「한국전자거래학회지」, 14(4): 59-73.
- 임시영 · 임용민 · 이재용, 2014. “텍스트마이닝 기법을 이용한 U-City의 연구 동향에 대한 분석”, 「대한공간정보학회지」, 22(3): 87-97.
- 장선영 · 정승현, 2021. “토픽모델링을 이용한 도시 분야 연구동향 분석”, 「한국산학기술학회논문지」, 22(3): 661-670.
- 조돈철, 2022. 스마트도시 이슈페이퍼: 스마트 도시재생 추진 동향과 시사점, 진주시: 울산·경남지역혁신플랫폼 스마트공동체사업단 스마트도시건설연구센터.
- 차민경·권상희, 2015. “언론의 ‘창조경제’에 대한 의제설정 의미연결망 분석”, 「한국언론학보」, 59(2): 88-120.
- 한국고용정보원, 2022. 「지역산업과 고용」, 음성.
- Allam, Z., Newman, P., 2018. “Economically Incentivising Smart Urban Regeneration. Case Study of Port Louis, Mauritius”, *Smart Cities*, 1(1): 53-74.
- Blei, D. M., 2012. “Probabilistic topic models”, *Communications of the ACM*, 55(4): 77-84.
- Dadgar, S. M. H., Araghi, M. S., Farahani, M. M., 2016. “A Novel Text Mining Approach Based on TF-IDF and Support Vector Machine for News Classification”, *2nd International Conference on Engineering and Technology(ICITEE)*, 112-116.
- Greene, D., O’Callaghan, D., Cunningham, P., 2014. “How Many Topics? Stability Analysis for Topic Models”, *ECML PKDD*, 8724: 498-513.
- Griffiths, T. L., Steyvers, M., 2004. “Finding scientific topics”, *Proceedings of the National academy of Sciences*, 101(1): 5228-5235.
- Huston, S., 2017. *Smart Urban Regeneration: Visions, Institutions and Mechanisms for Real Estate*, London: Routledge.
- <https://smartcity.go.kr/> 국토교통부

<투고 2023.07.28, 1차심사 2023.08.23, 2차심사 2023.11.01, 3차심사 2023.12.09, 게재확정 2023.12.22>