

키워드 네트워크 분석을 이용한 지리공간정보의 글로벌 연구 동향 분석

Global Research Trends on Geospatial Information by Keyword Network Analysis

김병선* · 정민우** · 전상은*** · 신동빈****

Byeongsun Kim · Minwoo Jeong · Sangeum Jeon · Dongbin Shin

요약 본 연구는 1998년부터 2013년까지 지리공간정보와 관련된 연구 논문에 대해 키워드 네트워크 분석 기법을 적용하여 분석하고 글로벌 차원에서 지리공간정보 연구의 흐름을 도출하는데 목적이 있다. 이를 위해 Web of Science 학술 자료 검색 엔진을 이용하여 지리공간정보와 관련된 논문과 주요 키워드를 추출하였다. 그리고 추출된 키워드를 이용해 키워드 네트워크 자료를 구축하고 시기별 키워드의 연결중심성과 매개중심성, 근접중심성을 분석하였다. 그 결과 다양한 분야에서 지리공간정보가 활용되어 왔음을 확인할 수 있었고 관련된 기술의 연구 동향을 계량적으로 파악할 수 있었다. 이러한 연구 결과는 지리공간정보에 대한 정책과 연구 개발 계획을 과학적으로 수립하는데 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

키워드 : 지리공간정보, 키워드 네트워크, 연결중심성, 매개중심성, 근접중심성

Abstract The aim of this study is to examine the research trends of global scientific production of Geospatial Information (GI) papers from 1998 to 2013 by using keyword network analysis. This study constructed keyword network model through papers and keywords related to GI research retrieved from the Web of Science DB and performed keyword network analysis such as Degree Centrality, Betweenness Centrality, and Closeness Centrality. The results show that GI has been steadily applied to various fields, and also the research trends of GI techniques could be quantitatively characterized through keyword network analysis. This study result can be applied to establish the policies and the national R&D planning of geospatial information.

Keywords : Geospatial Information, Keyword network, Degree Centrality, Betweenness Centrality, Closeness Centrality

1. 서론

21세기에 들어오면서 급속한 산업 발전과 기술 개발 등을 통해 많은 변화가 이루어지고 있으며, 지식기반사회가 진전되면서 정보의 중요성은 더욱 커지고 있다. 특히, 지리정보를 분석하고 처리하는 과정에서도 상당히 많은 기술진보가 이루어지면서, 고부가가치의 정보를 생성하여 공간상에서 야기되고 있는 복잡한 문제를 해결하는데 필요한 정보를 제공하는 단계까지 이르고 있다.

이러한 지리정보를 기반으로 공간상에서 발생하는 다양한 문제를 해결하기 위해 도입된 지리정보시스템(GIS: Geographic Information System)은 1960년대 초부터 현재까지 꾸준히 연구 개발되어 왔다. 우리나라를 포함한 대다수의 국가에서 초기의 GIS는 공공 업무를 중심으로 빈번하게 활용되었다. 그러나 웹과 모바일 기술의 비약적인 발전과 함께 정보에 대한 사용자의 접근이 향상되면서 민간부문에서의 지리정보 활용도가 지속적으로 높아지고 있다. 동시에 학술적 측면에서도 자연과학, 사회과학, 공학, 의학 등 다양한

† This research was supported by the MOLIT(The Ministry of Land, Infrastructure and Transport), Korea, under the national spatial information research program supervised by the KAIA(Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement)(14AUDP-B067426-02).

* Byeongsun Kim, Research Professor, Smart Urban Space Institute, Anyang University, bskim@gmail.com (Primary Author)

** Minwoo Jeong, Researcher, Smart Urban Space Institute, Anyang University, jmw1045@gmail.com

*** Sangeun Jeon, Researcher, Smart Urban Space Institute, Anyang University, geojse@gmail.com

**** Dongbin Shin, Professor, Urban Information Engineering, Anyang University, dbshin@anyang.ac.kr (Corresponding Author)

영역에서 지리정보가 활용되고 있다[1,8].

특히, 기존의 데이터베이스 중심의 지리정보에서 기술과 서비스 중심의 지리공간정보(Geospatial Information)로 적용 범위가 확대되면서 지리공간정보를 이용한 다양한 융복합 기술과 서비스가 연구되고 있다[12]. 여기에는 여러 사물에 설치된 센서 정보와 지리공간정보를 융합한 GeoIoT, 지리공간정보에 대한 사용자의 접근성을 획기적으로 개선한 모델인 GeoCloud, 빅데이터와 지리공간정보를 융합한 지리공간 빅데이터 등 관련 기술의 발전은 지리공간정보의 흐름을 빠르게 변화시키고 있다. 따라서 이러한 기술의 변화가 가져올 제반 여건의 변화와 이에 따른 미래 시점의 적시성 있는 지리공간정보 연구를 추진하기 위해서는 여러 국가와 다양한 분야에서 논의되고 있는 지리공간정보 연구를 체계적으로 정리하고 분석할 필요가 있다.

이러한 배경에서 본 연구는 지리공간정보에 대한 국제 학술 논문을 키워드 네트워크 분석기법을 통해 계량적으로 분석하여 글로벌 차원에서 지리공간정보 연구의 거시적 흐름을 도출하는데 목적이 있다. 이를 위해 관련 선행 연구를 검토하여 본 연구의 차별성을 도출하였다. 그리고 연구에 사용되는 키워드 네트워크 분석 방법론에 대해 살펴보고, 이를 토대로 지리공간정보와 관련된 국제 학술 연구 논문에 대한 주요 키워드를 추출하였으며, 상위 10개 키워드에 대한 연결 중심성과 매개 중심성을 분석하였다. 마지막으로 분석결과에 대한 해석과 지리공간정보 연구 동향에 대한 주요 시사점을 도출하였다.

2. 연구동향

Khun이 패러다임(paradigm)과 패러다임 쉬프트(paradigm shift)라는 개념을 도입한 이후, 다양한 학문 영역에서 자신의 연구 영역에 대한 패러다임을 관측하고 이들의 변화를 이해하기 위한 방법론이 연구되어 왔다[9]. 여기에는 특정 분야에 대한 연구 동향을 분석하고 미래의 연구 패러다임의 방향성을 도출하기 위해 다양한 국가 또는 연구 주제별로 발표된 논문을 분석하거나[15,6], 논문에 언급된 인용빈도를 분석하는 등의 메타데이터(metadata)를 이용한 서지정보학적 분석(bibliometric analysis) 방법이 많이 사용되어 왔다[3].

하지만 최근에는 서지정보 검색 엔진이 개선되고 텍스트 마이닝(text mining) 기법이 발전하면서 논문에 언급된 핵심 키워드를 추출하는 것이 더욱 용이해졌고, 추출된 키워드 간의 연관관계를 분석하여 관련

연구 분야의 성장 패턴을 더욱 정밀하게 파악하는 것이 가능해졌다. Ding[7]은 1987년~1997년 사이에 SCI (Science Citation Index)와 SSCI (Social Science Citation Index)에 등재된 논문을 수집하여 논문들 간의 동시출현단어 분석(co-word analysis)을 통해 학문 간의 연관성을 도식화한 지적구조(knowledge structure)를 분석하였다. 이 외에도 소프트웨어 공학[5], 화학[2], 환경과학[11], 쓰나미(tsunami) 관한 연구[3] 및 파킨슨병에 관한 연구[13] 등 다양한 분야에서 학술 논문의 키워드를 이용하여 각각의 연구영역에 대한 지적구조와 미래의 연구 방향을 분석하는 유사한 연구가 진행되어왔다.

국내에서도 Heo[10]은 의료정보학분야의 저널 중 저자동시인용분석(Author Co-citation Analysis)과 동시출현단어 분석을 통해 의료정보학 연구의 학문적 성향을 분석하였으며, Cho[4]는 학술 분야별 중심 키워드 및 분야 간 융합을 위한 연계 키워드를 도출하여 학술 분야별 복잡한 연관관계를 분석하였다.

그리고 지리공간정보 분야에서는 Sakong[16]이 1993년부터 2006년까지 국내 GIS관련 학회에서 발행된 1,222편의 논문을 대상으로 논문의 제목과 키워드를 분석하여 국내 GIS관련 학술분야의 연구 동향을 조사하였다. Lim[14] 역시 국가과학기술전자도서관에서 ‘공간정보’를 검색어로 하여 1996년~2013년까지 총 255개의 국내 논문과 국가연구개발보고서의 주요 키워드를 도출하고 시기별 출현 빈도와 변화를 분석하였다.

지금까지 국내외 선행 연구를 검토한 결과 다양한 분야에서 키워드 분석을 통해 관련 분야에 대한 연구 동향을 파악하고 지식 연계 구조를 도출하는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구와 관련한 지리공간정보 분야에서는 국내 연구에 국한하여 연구의 흐름을 파악하였고, 국제적 연구에 대한 고려는 부족하였다. 이러한 측면에서 본 연구는 글로벌 차원으로 분석 영역을 확장하여 지리공간정보 연구의 국제적 흐름을 분석한다는 점에서 선행연구와의 차별성을 갖는다.

3. 연구 방법론 검토

연구 논문, 보고서 등의 주요 키워드를 활용하여 학문의 연구 동향을 분석하는 방법으로 계량서지학 분석 방법이 활용되어 왔다. 전통적인 계량서지학 방법에는 논문 수, 공저자 분석, 인용 분석, 동시출현 단어 분석 등이 있다[13]. 이러한 방법은 컴퓨터 기술의 비약적인 발전과 함께 도식화(mapping)가 가능해 지면

Table 1. Methods for bibliometric network analysis

Sub-network analysis		Identification of cohesive sub-networks in a larger network. Cohesive sub-networks are subsets of nodes which have relatively strong, direct, intense, frequent, or positive ties
Structural Equivalence		The extent to which two nodes are connected to the same others(i.e. have the same environments). It is often hypothesized that structurally equivalent nodes will be similar in other ways as well, such as in attitudes, behaviors or performance.
Centrality	Degree	The number of links incident upon a node (i.e. the number of ties that a node has).
	Betweenness	The count how many shortest paths between each pair of nodes of the graph pass by a node.
	Closeness	The spread of information modeled by the use of shortest paths

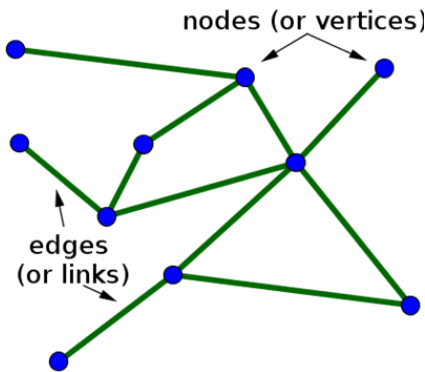


Figure 1. Structure of Keyword Network Model

서, Figure 1과 같이 계량적으로 분석된 정보를 노드 (node)와 링크(link)로 표현된 네트워크로 구축하고, 이를 토대로 분석 대상에 대한 의미적 연관 구조를 파악하는 것이 가능해 졌다.

이러한 네트워크를 활용한 분석 방법에는 Table 1과 같이 크게 하위 네트워크 분석, 구조적 등위성 분석, 중심성 분석 등이 있으며, 중심성 분석은 연결 중심성, 매개 중심성, 근접 중심성으로 세분화 된다. 이 중 중심성은 영향력이라는 개념으로 해석되기도 하며 일반적으로 가장 많이 사용되는 분석 기법 가운데 하나이다.

연결 중심성은 하나의 노드와 이웃한 노드들 간의 링크 수를 측정하는 것으로 식(1)과 같은 방법으로 산출된다.

$$\text{연결 중심성} = \frac{\text{연결정도}}{(\text{네트워크내전체점의수}-1)} \quad (1)$$

그리고 매개 중심성은 식(2)와 같이 한 노드가 네트워크 내 다른 노드 사이에 위치하는 연결 정도를 측정하는 것으로서, 하나의 노드가 다른 노드들 사이의 최단거리를 연결하는 선인 최단경로 위에 위치하면 할

수록 그 노드의 매개중심성은 높아진다.

$$\text{매개 중심성} = \frac{\text{두 노드 사이에 경유하는 노드의 횟수}}{(g-1)(g-2)/2} \quad (2)$$

※(g-1)(g-2)/2: 최대가능한매개중심성횟수

마지막으로 근접 중심성은 식(3)과 같이 최단거리의 합을 통해 전체 네트워크에서 가장 중심이 되는 노드를 찾는 방법으로 전체 노드에서 가장 가까이에 있는 노드를 분석하는 방법이다.

$$\text{근접 중심성} = \frac{(\text{노드수}-1)}{(\text{두 노드간거리의합})} \quad (3)$$

※범위: 0 ≤ 근접중심성 ≤ 1

이러한 중심성 분석 결과를 해석함에 있어서 연결 중심성은 최신 연구 동향을 통한 연구주제 선정과 밀접한 관련이 있으며, 매개 중심성은 연구하고자 하는 주제를 다른 연구 주제와 융합하고자 할 경우에 사용되며 마지막으로 근접 중심성은 연구 대상의 전반적인 흐름을 살펴보는데 매우 용이하다[14].

이러한 맥락에서 본 연구는 지리정보 분야에 대한 키워드 네트워크 모델을 구축하고 이를 바탕으로 중심성 분석을 수행하여 지리정보 분야에 대한 글로벌 차원의 핵심 키워드와 연구 흐름을 분석하였다.

4. 분석 데이터 구축

지리공간정보 분야의 연구 동향을 파악하기 위해 Web of Science(WoS)¹⁾ 학술정보 데이터베이스를 이

1) 미국의 학술정보 제공 기관인 Thomson scientific에서 개발한 Web of Science는 SCI(E) (Science Citation Index Expanded), SSC I(Social Sciences Citation Index), A & HCI (Art & Humanities Citation Index) 등의 8,700개의

용하였다. WoS외에도 Scopus, SciFinder 등의 학술 연구 검색 엔진도 동일한 WoS와 같은 유사한 기능을 제공한다. 그러나 여러 엔진을 사용할 경우 대부분 검색에서 유사한 결과를 제시하고 이들 간의 중복된 결과를 조절하는데 있어서 많은 시간과 비용이 소모되기 때문에 본 연구에서는 WoS 엔진만을 이용하여 분석 자료를 수집하였다. WoS를 통해 ‘Geographic Information System’, ‘Geographic Information Science’, ‘Geospatial Information’ 등의 검색어를 이용하였으며, 분석 기간은 1998년 1월 1일부터 2013년 12월 31일로 설정하여 검색하였다. 그 결과 WoS의 대분류 항목인 ARTS & HUMANITIES, SOCIAL SCIENCES 그리고 SCIENCE TECHNOLOGY 중 SOCIAL SCIENCES와 SCIENCE TECHNOLOGY의 범주에서 SCI(E)와 SSCI에 등재된 12,420편의 논문에 대한 결과 값이 검색되었다. 또한 논문 제목과 초록, 저자, 학술지명, 출판일, 출판 연도, 권 호, 시작 페이지, 종료 페이지, DOI (Digital Object Identifier), 총 인용 횟수, 연평균 인용 횟수 등의 자료를 추출하였다.

그리고 추출된 키워드가 동일한 의미를 가질 때는 단일 키워드로 프로그램이 인식할 수 있도록 대문자와

와 소문자, 단수형과 복수형, 약어 및 부호등의 표기를 일치 시키는 데이터 전처리 작업을 수행하였다.

본 연구에서 데이터 전처리 작업은 지능형 형태소 분석기를 사용하였으며, 키워드 네트워크 분석은 NodeXL 1.01을 사용했다. NodeXL은 Microsoft Excel에 키워드 네트워크 기능을 추가한 분석도구로써, 키워드 네트워크 분석에 필요한 주요 함수와 분석 결과를 시각화하는 각종 차트 기능 등을 지원한다.

5. 분석 결과

5.1 기초 통계 분석

1996년부터 2013년까지 발행된 논문 수와 이에 대한 세부 내용을 정리하면 Table 2와 같다. 지리공간정보와 관련하여 1998년 304편의 논문이 발행되었고 2013년에는 1,351편의 논문이 발행되어, 논문 발행 수는 4.4배 증가하였고 연 평균 6.5%의 비율로 증가하였다. 연도별로는 2000년과 2006년에 각각 20.7%, 27.7%로 가장 높은 증가율을 보였다. 총 12,420편의 집계된 논문에서 피인용 횟수는 평균 9,727회로 나왔으며, 논

Table 2. Characteristics by years of publication outputs

PY	P	PG	PG/P	NR	NR/P
1998	304	3,365	11.1	8,182	26.9
1999	337	4,021	11.9	9,833	29.2
2000	407	4,906	12.1	9,500	23.3
2001	451	5,157	11.4	10,695	23.7
2002	480	5,336	11.1	12,670	26.4
2003	505	5,922	11.7	11,245	22.3
2004	576	6,667	11.6	13,760	23.9
2005	623	7,344	11.8	13,716	22.0
2006	796	9,568	12.0	14,930	18.8
2007	889	10,521	11.8	16,097	18.1
2008	967	11,145	11.5	12,774	13.2
2009	1,070	12,253	11.5	10,329	9.7
2010	1,155	13,058	11.3	9,133	7.9
2011	1,240	14,276	11.5	6,486	5.2
2012	1,269	14,459	11.4	3,952	3.1
2013	1,351	15,748	11.7	1,832	1.4

P: number of publications; PG: page count; PG/P: average page in a paper; NR: cited reference count; NR/P: average of references in a paper

저널을 검색할 수 있는 웹 데이터베이스이다. 검색 결과는 해당 도서관에서 제공하는 전자저널의 원문 정보나 저널의 소장 정보, 다른 데이터베이스 정보 등을 바로 검색할 수 있는 링크를 제공한다[17].

문당 피인용 횟수는 1998년과 1999년 각각 26.9회와 29.2회로 가장 높게 나왔다.

그리고 출판 연도와 연도별 누적 논문수 간의 관계를 살펴보면, Figure 2와 같은 지수모델로 표현되는 것을 확인할 수 있다. 이는 지리공간정보와 관련된 연구가 지속적으로 빠르게 증가해 왔다는 것으로 해석할 수 있다. 이와 함께 전체 연구 영역에 대한 상대적인 영향력을 나타내는 지수인 논문 당 피인용 횟수에 대하여 분석하였다.

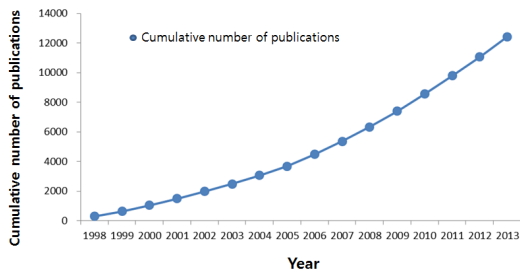


Figure 2. Cumulative number of publications by year

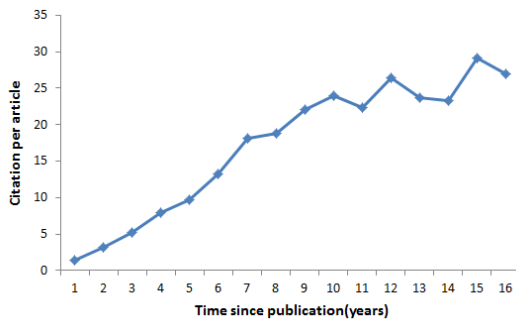


Figure 3. Citation per publication by paper life

논문의 피인용 횟수는 발행 기간과 밀접한 관련이 있는데, 발행 기간이 길수록 상대적으로 높은 피인용 횟수를 갖는 것이 일반적이다. 이러한 발행 기간에 따른 논문 간의 차이점을 고려하여, 전체 12,420개의 논문을 대상으로 평균 피인용 횟수를 분석하였으며 그 결과는 Figure 3과 같다. Figure 3에서 보듯 지리공간정보를 주제로 한 논문은 평균적으로 발행된 기간에 따라 평균 피인용 횟수가 증가해온 것을 확인할 수 있었다.

그리고 국가 별로 지리공간정보 연구 현황을 정리하면 Table 3과 같다. 상위 10개국 중 7개국(미국, 중국, 영국, 독일, 이탈리아, 브라질, 인도)이 전 세계 GDP (Gross Domestic Product)의 10위 안에 위치한 국가들로 차지하고 있었다. 이 가운데 미국은 지리공간정보와 관련된 연구 논문의 43%로 절반에 가까운 높은 비율을 차지하였는데, 이것은 미국이 전 세계 지리공간정보 연구에 주된 흐름을 이끌어 왔다는 것을 의미한다. 반면에 우리나라는 전체 13위를 차지하는 것으로 나타났다. 하지만 아시아권에서만 본다면 중국과 인도 다음으로 높은 순위를 차지하고 있는 것을 확인할 수 있다.

5.2 키워드 네트워크 분석

지리공간정보 분야에서 1998년부터 2013년까지 발행된 논문에 포함된 저자키워드 출현수를 정리하면 Table 4와 같다. 상위 20개의 키워드 중 검색어로 사용한 ‘GIS’가 849회로 가장 높은 비율을 차지하였으며, 다음으로 ‘Remote Sensing(620회)’, ‘Mapping(367회)’, ‘Landscape(354회)’ 등의 순으로 나타났다. 도출된 키워드 중 상위 30개의 키워드를 이용하여 키워드 네트

Table 3. Top 20 most productive countries from 1998 to 2014

Rank	Country	Total Paper	Ratio(%)	Rank	Country	Total Paper	Ratio(%)
1	USA	5,792	43.4	11	FRANCE	375	2.8
2	CHINA	1,048	7.8	12	TURKEY	335	2.5
3	CANADA	931	6.9	13	SOUTH KOREA	300	2.3
4	AUSTRALIA	670	5.0	14	JAPAN	290	2.2
5	ENGLAND	621	4.6	15	NETHERLANDS	284	2.1
6	GERMANY	508	3.8	16	TAIWAN	235	1.7
7	SPAIN	506	3.7	17	SWITZERLAND	197	1.5
8	ITALY	481	3.6	18	MEXICO	190	1.4
9	BRAZIL	402	3.0	19	IRAN	177	1.3
10	INDIA	393	2.9	20	PORTUGAL	163	1.2

Table 4. Top 20 high occurrence keywords

Rank	Publications	Keyword	Rank	Publications	Keyword
1	849	GIS	11	189	GPS
2	620	Remote Sensing	12	167	Simulation
3	443	Environment	13	133	Monitoring
4	367	Mapping	14	125	Climate
5	354	Landscape	15	116	Visualization
6	304	DEM	16	111	Decision Support
7	284	Urban	17	97	Soil
8	259	Modeling	18	95	Oil
9	201	Land use	19	83	Optimization
10	190	Forest	20	80	App

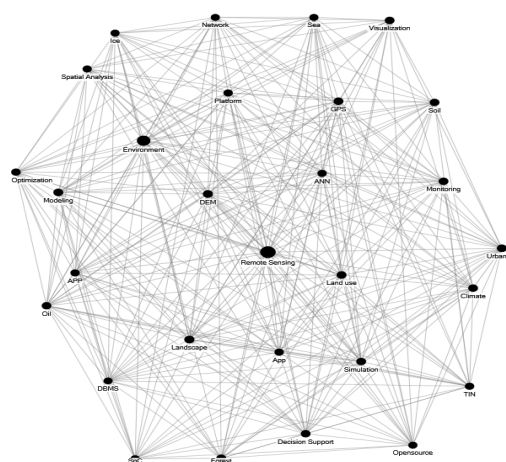


Figure 4. Keyword Network of GIS papers

워크를 시각화한 결과는 Figure 4와 같다.

검색어로 사용된 ‘GIS’는 연결 및 매개 중심성 모두에서 다른 키워드에 비해 월등하게 높게 나왔기 때문에 해당키워드를 제외하고 분석결과를 정리하였다. 시기별 연결 중심성에 대한 분석결과는 Table 5와 같다.

연결 중심성 지수를 기준으로 상위 10개의 키워드를 살펴보면 자연환경, 도시환경과 관련된 다양한 키워드가 도출된 것을 확인할 수 있었다. 연결 중심성이 높다는 것은 논문에서 다른 키워드와 함께 많이 사용된 키워드를 의미하는 것으로 지리공간정보가 다루는 연구주제와 밀접한 관련이 있다. 이러한 측면에서 과거부터 현재까지 자연 및 인문 환경 등 여러 분야에서 지리공간정보가 폭넓게 활용되어왔음을 분석결과를 통해 확인할 수 있었다. 이 가운데 GIS와 가장 밀접한 관계를 갖는 원격탐사인 ‘RS (Remote Sensing)’가 가

장 높은 연결성을 나타냈으며, ‘Environment’, ‘Landscape’, ‘Landuse’, ‘Urban’ 등의 키워드가 시기별로 지속적으로 사용된 것으로 나타났다.

그리고 매개 중심성을 분석한 결과는 Table 5와 같다. 연결 중심성 결과와 마찬가지로 ‘RS’가 매개 중심성 분석 결과에서도 최상위권을 차지하는 것으로 관찰되었다. 하지만 연결 중심성 결과와 비교했을 때, 매개 중심성 분석결과에서는 도시, 환경과 같은 특정 연구 분야를 가리키는 키워드 보다는 ‘Modelling’, ‘Simulation’, ‘Spatial Analysis’, ‘Decision Support’ 등과 같은 지리공간정보를 활용한 분석 방법론의 비중이 높게 나온 것을 확인할 수 있었다. 이러한 매개 중심성이 높은 키워드는 연구하고자 하는 주제를 다른 연구주제와 조합하고자 할 경우, 매우 용이하게 활용될 수 있는 키워드이다.

마지막으로 근접 중심성이 높은 키워드는 Table 5와 같이 ‘RS’, ‘Environment’, ‘App’, ‘Landscape’, ‘Mapping’, ‘Platform’, ‘GPS’, ‘Landuse’, ‘Decision Support’, ‘DEM’ 등의 키워드가 높은 우위를 보이는 것으로 나타났다. 이러한 키워드는 네트워크 상에서 중심에 있기 때문에 지리공간정보 분야를 처음 접하는 연구자들이 근접 중심성이 높은 키워드를 중심으로 논문을 검색하여 지리공간정보 분야의 전반적인 흐름을 파악하는데 활용될 수 있다.

5.3 키워드 네트워크 분석결과 정리

지금까지 키워드 네트워크 분석을 통해 지리공간정보와 관련된 국제 학술 연구 논문의 주요 키워드에 대한 연결 중심성과 매개 중심성 그리고 근접 중심성 분석 결과를 살펴보았다. 분석 내용 중 가장 최근의

Table 5. Keywords with Centrality Top-10 (1998-2013)

	1998-2001		2002-2005		2006-2009		2010-2013	
	Keyword	Centrality	Keyword	Centrality	Keyword	Centrality	Keyword	Centrality
Degree Centrality	RS	203.25	RS	270.25	RS	328.50	RS	328.50
	Landscape	110.25	Environment	126.25	Environment	128.30	Environment	200.00
	Forest	95.75	Landscape	131.50	App	191.25	App	191.25
	Environment	85.25	ANN	116.75	TIN	173.75	Ice	173.75
	TIN	82.25	TIN	110.25	Ice	160.75	Sea	160.75
	Landuse	78.25	Mapping	109.75	Sea	153.50	Forest	153.50
	ANN	76.75	SoC	104.50	Landscape	143.75	Urban	143.75
	Modelling	75.25	Landuse	102.50	Forest	143.50	Landuse	143.50
	Soil	70.25	Soil	70.10	Urban	139.00	DEM	139.00
	DEM	70.00	DEM	1020	Landuse	136.50	Platform	136.50
Betweenness Centrality	RS	5990.90	RS	7218.36	RS	7561.45	RS	6454.83
	Landscape	932.95	Landscape	1500.82	Environment	1750.50	Environment	1770.97
	Forest	892.81	Environment	1434.13	Landscape	1653.34	App	1742.10
	Environment	711.57	Visualization	825.89	APP	1350.76	GPS	1507.38
	Decision Support	701.72	Decision Support	818.82	Visualization	1134.05	Landscape	1255.90
	ANN	682.92	Urban	667.88	GPS	1127.14	Mapping	1121.88
	Modelling	679.10	Mapping	653.64	Mapping	1037.58	Opensource	1079.60
	Monitoring	637.36	Simulation	588.68	Spatial Analysis	762.87	Platform	796.46
	Simulation	420.17	Landuse	532.91	Decision Support	751.73	Spatial Analysis	765.36
	TIN	418.02	Spatial Analysis	524.88	Simulation	591.56	Decision Support	650.05
Closeness Centrality	RS	0.002096	RS	0.001873	RS	0.001789	RS	0.001838
	Landscape	0.001888	Landscape	0.001765	Environment	0.001716	Environment	0.001757
	Forest	0.001807	Environment	0.00164	Landscape	0.00156	APP	0.001597
	Environment	0.00164	Visualization	0.001576	APP	0.001482	Landscape	0.001538
	Landuse	0.001545	TIN	0.001401	Visualization	0.001331	Mapping	0.001324
	Modelling	0.001525	Mapping	0.001332	Mapping	0.001287	Platform	0.00132
	TIN	0.001509	Simulation	0.001329	Simulation	0.001284	GPS	0.001313
	ANN	0.001504	Landuse	0.001321	Decision Support	0.001282	Landuse	0.001286
	Soil	0.001485	Soil	0.001321	Landuse	0.001255	Decision Support	0.00128
	DEM	0.001464	DEM	0.001308	TIN	0.001247	DEM	0.00128

시점인 2010년~2013년을 기준으로 매개 중심성과 연결 중심성, 근접 중심성이 공통적으로 높게 나온 키워드로는 ‘RS’, ‘Environment’, ‘App’ 그리고 ‘Platform’ 등이 있었다. 이러한 키워드는 독립적인 하나의 연구

주제가 될 수 있으며 동시에 상이한 연구 주제를 연결하는 지리공간정보 연구의 핵심 키워드라 할 수 있다. 이 중 ‘RS’와 ‘Environment’는 키워드 자체가 내포하는 의미가 매우 포괄적이기 때문에 모든 시기에서 중

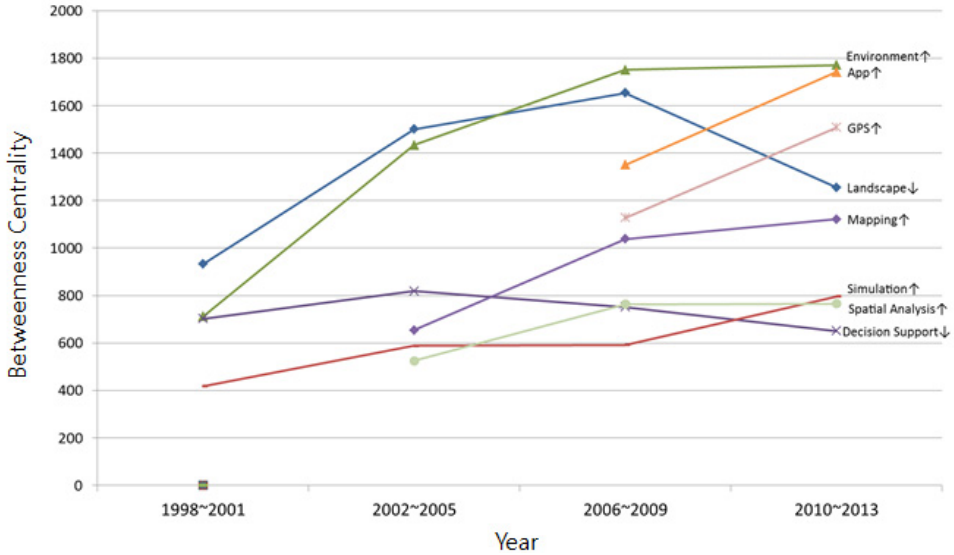


Figure 5. Change of Betweenness Centrality by years

심성이 지속적으로 높게 나왔으나, ‘App’과 ‘Platform’은 최근의 연구 동향을 반영하는 핵심 키워드라 할 수 있겠다.

이와 함께 지리공간정보의 분석 방법론의 변화를 파악하기 위해 매개 중심성 분석 결과를 바탕으로 2010년~2013년 기간의 키워드를 기준으로 시기별로 정리하였으며 그 결과는 Figure 5와 같다.

Figure 5를 보면 기존에 활발하게 연구되어 왔던 ‘Decision Support’ 연구가 점차 하락하고 있는 것을 확인할 수 있다. 이것은 이와 밀접한 분야인 ‘SDSS (Spatial Decision Support System)’, ‘PSS (Planning Support System)’ 등 공간 정보 기반의 의사결정지원 시스템과 관련된 연구도 함께 감소하고 있다는 것을 의미한다. 이와는 대조적으로 ‘App’, ‘GPS’와 같은 모바일 어플리케이션과 위치기반시스템은 최근 들어 빠르게 성장하고 있는 연구 분야로 나타났다. 그리고 2010년~2013년의 신규 키워드인 ‘Platform’, ‘Open-source’ 등도 최근에 활발하게 연구되고 있는 지리공간정보 연구 분야로 나타났다.

이러한 연구 결과는 지리공간정보가 모바일과 위치기반 서비스 중심으로 관련 기술이 발전하고 있으며 기존의 데이터베이스와 정책결정자 중심에서 플랫폼, 오픈소스와 같이 시스템의 개방과 함께 사용자의 참여와 서비스 중심으로 방법론의 패러다임이 변화하고 있다는 점을 시사한다.

6. 결 론

본 연구는 지리공간정보와 관련된 국제 학술 논문의 주요 키워드를 도출하고 키워드 네트워크 분석기법을 통해 계량적으로 분석하여 글로벌 차원에서 지리공간정보 연구의 흐름을 도출하는데 목적이 있다. 이를 위해 WoS 학술 논문 검색 엔진을 이용하여 지리공간정보와 관련된 논문과 저자 키워드를 추출하고 키워드 네트워크 분석을 이용해 상위 10개의 키워드에 대한 연결 중심성과 매개 중심성을 분석하였다. 그 결과 지리공간정보 연구는 다양한 분야에서 폭넓게 활용되어 왔음을 확인할 수 있었으며, 관련 기술도 모바일 기술이 접목된 위치기반 서비스와 사용자 참여를 유도하는 플랫폼 등으로 진화해온 것을 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 거시적 측면에서 글로벌 지리공간정보 연구의 흐름을 살펴보았으나, 향후에는 미시적인 차원에서 추가적인 연구가 진행될 필요가 있다. 가령, 본 연구에서 언급된 ‘GPS’, ‘Platform’, ‘App’ 등과 같은 상승 키워드들이 어떤 키워드들과 연관 관계가 있는가를 분석한다면 좀 더 구체화된 지리공간정보 연구의 흐름을 도출할 수 있을 것이다. 이러한 연구를 통해 글로벌 차원에서 지리공간정보와 관련된 다양한 이슈와 기술 변화를 과학적으로 분석하고 국내 지리공간정보에 대한 정책 및 연구 개발 로드맵 수립을 지원하는데 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

References

- [1] Anselin, L. 1995, Local Indicators of Spatial Association-Lisa, *Geographical Analysis*, 27(2): 93-115.
- [2] Callon, M; Courtial, J. P; Laville, F. 1991, Co-word Analysis as a Tool for Describing the Network of Interactions Between Basic and Technological Research: The Case Of Polymer Chemistry, *Scientometrics*, 22:155-205.
- [3] Chiu, W. T; Ho, Y. S. 2007, Bibliometric analysis of tsunami research, *Scientometrics*, 73:3-17.
- [4] Cho, I; Kim, N. 2011, Recommending Core and Connecting Keywords of Research Area Using Social Network and Data Mining Techniques, *Journal of Intelligence and Information System*, 17(1):127-138.
- [5] Coulter, N; Monarch, I; Konda, S. 1998, Software Engineering as seen through its Research Literature: A Study in Co-word Analysis, *Journal of the American Society for Information Science*, 49: 1206-1223.
- [6] Davis, J. C; Gonzalez, J. G. 2003, Scholarly journal articles about the Asian Tiger Economies: Authors, Journals and Research Fields 1986-2001, *Asian-Pacific Economic Literature*, 17(2):51-61.
- [7] Ding, Y; Chowdhury, G. G; Foo, S. 2001, Bibliometric Cartography of Information Retrieval Research by Using Co-word Analysis, *Information Processing and Management*, 37:817-842.
- [8] Guisan, A; Zimmermann, N. E. 2000, Predictive Habitat Distribution Models in Ecology, *Ecological Modelling*, 135(3):147-186.
- [9] Gupta, B. M; Bhattacharya, S. 2004, A Bibliometric Approach Towards Mapping the Dynamics of Science and Technology, *DESIDOC Bulletin of Information Technology*, 24:3-8.
- [10] Heo, G. E; Song, M. 2013, Examining the Intellectual Structure of a Medical Informatics Journal with Author Co-citation Analysis and Co-word Analysis, *Journal of the Korean Society for Information Management*, 30(2):207-225.
- [11] Ho, Y. S. 2007, Bibliometric Analysis of Adsorption Technology in Environmental Science, *Journal of Environmental Protection Science*, 1:1-11.
- [12] Kim, B; Ahn, J. W; Shin, D. B. 2014, A Study on the Construction of Service-oriented Connection Model among National Geospatial Information Platforms, *Journal of Korea Spatial Information Society*, 22(2):11-18.
- [13] Kim, H. 2007, Notational Analysis of Sports using Social Network Analysis, *The Korean Journal of Measurement and Evaluation in Physical Education and Sport Science*, 9(1):99-112.
- [14] Kho, J; Cho, K; Cho, Y. 2013, A Study on Recent Research Trend in Management of Technology Using Keywords Network Analysis, *Journal of Intelligent Information System*, 19(2):101-123.
- [15] Lee, M; Park, M; Lee, H; Jin, S. 2011, Analysis of Papers in the Korean Journal of Applied Statistics by Co-Author Networks Analysis, *The Korean Journal of Applied Statistics*, 24(6):1259-1270.
- [16] Li, T; Ho, Y. S; Li, C. Y. 2008, Bibliometric Analysis on Global Parkinson's Disease Research Trends during 1991-2006, *Neuroscience Letters*, 441:248-252.
- [17] Lim, S. Y; Yi, M. S; Jin, G., H; Shin, D. B. 2014, A Study on the Research Trends in the Area of Geospatial-Information Using Text-mining Technique Focused on National R&D Reports and Theses, *Journal of Korea Spatial Information Society*, 22(4):11-20.
- [18] Rahman, M.; Haque, T. L; Fukui, T. 2005, Research Articles Published in Clinical Radiology Journals: Trend of Contribution from Different Countries, *Academic Radiology*, 12(7):825-829.
- [19] Sakong, H; Seo, K. 2007, A Review on GIS Research Trends using Content Analysis Method, *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, 10(3):104-112.
- [20] Web of Science, 2015, Web of Science, Accessed January 22. <http://wokinfo.com>.

Received : 2014.12.27

Revised : 2015.2.24

Accepted : 2015.2.28