

한국시스템다이내믹스 학회지 공저자 네트워크 특성에 관한 연구

Co-author Network Characteristics of Korean System Dynamics Review

김선덕* · 신 철** · 정형기*** · 이만형****

Kim, Sun-Duck · Sin, Cheol · Hyung-Ki, Jung · Man-Hyung, Lee

Abstract

This study examines the basic conditions of joint authorship research activities in the Korean System Dynamics Review and points out the structural co-author network characteristics among co-authored papers based on the social network analysis(SNA) techniques. In specific, this study identifies the cooperative relationship of research papers in the Korean System Dynamics Review, knowledge formation, and knowledge propagation paths. The study results imply that Korean System Dynamics Review has exhibited the typical 'Steven's power law,' which is repeatedly observed among complex systems, and that knowledge structure centered upon and propagated around couples of researchers. Additionally, the study results present that there have been active personal exchanges among major researchers. In contrast, personal contacts among research groups and within groups seem relatively weak.

Keywords: 공저자 네트워크, 한국시스템다이내믹스 학회지, 사회네트워크분석
(Co-authorship Network, Korean System Dynamics Review,
Social Network Analysis)

* 충북대학교 도시공학과 박사수료 (주저자: sinbe0228@naver.com)

** 충북대학교 도시공학과 박사과정 (공동저자: cbha070@chol.com)

*** 충북대학교 도시공학과 석사과정(공동저자: hkjkjung@naver.com)

**** 충북대학교 도시공학과 교수(교신저자: manlee@chungbuk.ac.kr)

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

최근 여러 학계에서는 다양한 분야의 공동연구가 확산되고 있다. 공동연구는 연구자들 간의 상호작용을 하는 여러 가지의 방식 중 하나이며, 공동 연구를 통해 연구자들은 서로 연구주제에 대한 의견을 교환하고, 구체적인 연구 방법을 공유하면서 연구 과정과 연구 결과에 서로 직접적인 영향을 미친다(Cappell, 1992). 다수의 연구자들이 참여한 공동연구의 경우 다양한 상호작용을 이루고, 연구자들의 다양한 지식과 사고의 융합을 통해 연구의 성과와 질적 성장을 도모할 수 있는 이점을 두루 가지고 있다. 이러한 맥락에서 과거 단독으로 연구를 수행하던 고전적 연구 행태와는 다르게 최근에는 다양한 연구자들이 참여한 공동연구의 사례가 증가하는 추세를 보이고 있다. 이러한 연구 환경의 변화에 힘입어 공동연구를 수행하는 참여 연구자들의 다양한 연구 환경과 조건에 따라 연구의 접근방법과 연구 성과에 지대한 영향을 미치게 되는바 누구와 어떤 연구를 어떻게 수행할 것인가에 대한 논의는 상당히 중요하다고 볼 수 있다.

이에 기인하여 현재 사회과학을 비롯한 인문학, 공학 등 다양한 분야에서 연구자들 간 협업과 상호관계를 바탕으로 형성된 공저자 네트워크 관계에 대한 관심이 증가하고 있으며 이를 규명하기 위하여 사회네트워크 분석(SNA)이 주요한 분석 방법론으로 활용되고 있다. 사회네트워크 분석(SNA)을 활용한 공저자 네트워크 분석은 큰 정보 네트워크의 일반적인 위상, 본원적 특징과 역동성을 이해하기 위해서, 사회과학에서의 사회적 현상을 이해하기 위한 목적으로 그리고 공동 연구의 유형으로 공동 저자 자체를 이해하기 위해서 수행되고 있다(Moody, 2004). 이렇게 다양한 연구자가 참여한 공동연구에 사회 네트워크분석 방법론을 활용하면 연구공동체에서 협업과 상호작용을 기반으로 형성된 공저자 네트워크의 구조적 형태와 특성, 연구자들 간의 사회적 관계와 학술적 성과와 영향력을 확인할 수 있다. 연구자들이 형성하고 있는 네트워크 관계를 탐색하고 바람직한 공저 네트워크를 형성하게 하는 것은 연구의 성과와 질을 높이는데 중요한 결정요인이 된다.

따라서 본 연구의 목적은 다음과 같다. 지난 10년간 발표된 한국시스템다이내믹스 학회의 논문 데이터를 바탕으로 한국시스템다이내믹스 학회의 공저자 연구의 기초현황을 분석하고 이를 통해 형성된 지식의 흐름과 지식의 구조를 규명하고자 한다. 또한 연구자들의 상호관계를 통해 형성된 공저자 네트워크의 구조적인 형태를 파악하고 네트워크의 중심적 특성 고찰을 통해 학회 내 영향력 있는 연구자들 찾아 탐색 발굴하고자 함에 연구의 목적을 둔다. 이를 통해 한국시스템다이내믹스 학회의 지속가능한 공동 연구 환경 조성을 위한

유의한 시사점을 도출하고자 한다. 또한 한국시스템다이내믹스 학회의 연구 성과의 질적 성장을 도모하고, 새로운 지식의 창출과 지식 확산을 통해 응용사회과학 분야에서 본 학회의 입지를 공고히 할 수 있도록 선순환적 연구 환경 조성에 이바지하는데 연구의 의의를 둔다.

2. 연구 범위 및 방법

본 연구는 한국시스템다이내믹스 학회의 공저 네트워크 관계를 살펴보기 위하여 상기 학회에서 발간하는 『한국시스템다이내믹스 연구』 논문집을 연구대상으로 삼았으며 그 기간과 범위는 2006년 5월호부터 2016년 4월호까지 발표된 212편의 논문들을 대상으로 연구를 수행하였다. 지난 10년간 발표된 논문들을 검토하여 저자들의 정보와 공저관계를 추출하였으며 이를 기초해 기초빈도분석과 네트워크 분석을 수행하였다. 공저자 네트워크 분석을 위해 수집된 데이터를 가공하여 네트워크 분석이 가능하도록 매트릭스 형태를 변환한 뒤 순차적으로 분석을 진행하였다. 분석에 사용된 분석툴(Tool)은 한글호환이 용이하고 각종 시각화 작업과 네트워크 분석에 최적화된 (주)사이람에서 만든 넷마이너4.0을 사용하였다.

II. 이론적 고찰 및 선행연구 검토

1. 사회네트워크 분석 이론의 검토

사회 네트워크(Social Network)라는 용어는 오랜 기간 동안 사회과학 분야에서 사용되어 오고 있다. 현재는 사회과학을 비롯한 인문학, 경제, 공학 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 전통적인 사회학 분야에서의 사회 네트워크는 인간관계의 행동 패턴과 관계 속에서 나오는 사회 효과를 설명하기 위한 것으로 일반적인 네트워크 이론과 같이 그래프 이론에 바탕을 두고 있으며 특정 네트워크 사회를 구성하는 노드(Node)와 각 구성 요소간의 관계를 링크(Link) 및 라인(Line)으로 묶어 표현한 구조를 사회 네트워크라 한다(강동준, 2013). 즉, 사회 네트워크는 일정 범위 내 행위자들이 정보교환 및 상호 연관된 사회적 행위자의 그룹으로 정의될 수 있으며, 사회 네트워크 분석의 핵심은 다양한 통계 및 시각적 분석을 활용하여 그룹 내에서 사회적 행위자들 사이의 관계를 조사하는 방법이다. 최근 빅 데이터에 대한 관심이 증대되고 있는 시점에서 이를 기초하여 사회네트워크 분석을 활용한 다수의 연구들이 수행되고 있다. 본 연구의 공저 네트워크에서 노드는 저자(연구자)이며, 링크는

공동연구 혹은 공동저술이라는 사회적, 학술적 관계를 의미한다(강동준, 2015).

사회 네트워크 분석(SNA: Social Network Analysis)은 네트워크 분석 방법 중 하나로 일반적으로 네트워크 분석을 위한 지표로는 밀도(Density), 포괄성(Inclusiveness), 집중도(Centralization), 연결거리(Distance), 직경(Diameter), 연결정도(Degree), 연결강도(Strength), 근접중심성(Closeness centralization), 매개 중심성(Betweenness centralization), 군집(Clustering) 분석, 구조적 동위성(Structural equivalence) 분석, 컴포넌트(Component) 분석, 과당(Clique) 분석 등으로 구분된다(이수상, 2012). 이 중 본 연구에서 핵심적으로 다룰 분석은 공저 네트워크의 구조적 특성과 형태를 파악할 수 있는 네트워크 구조적 특성분석(밀도, 포괄성, 경로거리, 직경, 연결정도 등)과 개별 공저자의 중심성을 파악할 수 있는 중심구조 분석(연결정도, 매개, 커뮤니티)을 수행하였다.

2. 사회네트워크 방법론(SNA)의 공저자 관계분석 적용 타당성

공저자 네트워크는 논문·지역서·보고서 저술, 특허 출원, 연구개발 과제 등의 동일한 학술정보 생산에 참여한 저자간의 관계를 측정하여 작성된 협력 네트워크로서, 협력 연구 결과 산출된 연구 성과물의 문헌 규모, 공저자, 저자들 간의 협력관계 분석, 공저율과 생산성의 상관성을 측정하여 학문적 특성을 이해하려는 접근 방법이자 분석 방법이다(임혜선, 2012).

공저자 네트워크에서 노드는 저자, 링크는 공동연구 또는 협력이라는 학술적 또는 사회적 관계를 나타낸다. 연구 협력관계를 유추하기 위하여 공저자 분석과 도출된 결과를 통해 저자간의 구조적 경향 및 사회적 관계를 파악함으로써 정보를 획득할 수 있다(김현수, 2010). 공저자 네트워크 분석에 대한 연구는 1966년 Price 등에 의해 과학 분야 지식구조가 주로 공저자 문헌으로 표출되고 있음을 입증하기 위해 시작되었다. 이후 Moody(2004), Newman(2001) 등에 의해 학문 분야별 협력 연구 네트워크 구조에 대한 연구가 이루어져 왔으며 현재는 사회 네트워크 분석과 관련된 지표들을 사용한 연구가 증가하고 있다(임혜선, 2012).

이러한 배경으로 사회 네트워크 분석방법론은 지식 생산 네트워크의 특성을 파악하는데 매우 유용한 분석 기법으로 평가받고 있으며, 개별저자들이 지식의 생산자(Knowledge creator) 혹은 지식의 매개자(Knowledge mediator)로서 얼마나 중요한 역할을 수행하는지를 알 수 있어 사회학적으로 중요한 의미를 갖는다(Kim, 2011). 그렇기 때문에 공저자 네트워크 분석에 있어 학문 내부의 지식 흐름과 지식 구조화 경향을 밝히기에 유용한 연구방법으로 판단되는 사회네트워크 방법론(SNA)을 적용하기에 적합하다고 볼 수 있다. 이를 통해

실제적인 협력연구에 의한 공저 네트워크와 이에 따른 사회적 관계의 유추가 가능하다.

3. 선행연구 검토 및 연구의 차별성

현대 과학의 학제가 점차 복잡해지는 특성에 따라 연구자들의 협력관계, 즉 공저를 통한 연구형태는 지속적으로 증가되고 있는 추세(Lee and Bozeman, 2005)이며, 많은 논문에서 연구자들이 공저방식과 이유에 관한 연구가 진행되어 왔다(Katz and Martin, 1997; Melin and Persson, 1996; Cummings and Kiesler, 2005). 이를 파악할 수 있는 방법으로 교차표(Contingency table)를 이용하여 공동연구에 대한 비율이나, 소속기관, 성별, 지역별 등의 분석을 수행한 연구(최영훈, 이강춘, 2009)와 더불어 사회 연결망 분석을 통한 연구협력 패턴, 중심성을 분석한 연구가 진행되어 왔다. 본 연구와 같이 사회네트워크 분석방법론을 활용한 대표적인 국내 선행연구를 살펴보면 다음과 같다.

강동준 외 1명(2015)의 연구에서는 무역학 연구의 지난 40년 동안 투고된 전체 논문을 대상으로 공저자 네트워크를 구성하고 이에 따르는 통계적 데이터, 네트워크 구조적 특성 및 중심성을 파악하는 연구를 수행하였다. 연구결과 무역학 네트워크는 복잡계 특성인 멱함수 법칙을 따르고 있었으며 좁은 세상 네트워크의 특성이 두드러지게 나타나고 있는 것으로 나타났다. 공저자 뿐 아니라 공저기관(대학 및 연구소) 및 중심성이 높은 저자들의 논문 실적과의 상관분석, 키워드 데이터를 이용한 분석이 추가로 이루어진다면 다양한 시각의 검토와 접근이 가능해질 것으로 보인다.

최일영 외 2인(2015)의 연구에서는 1998년부터 2013년까지 한국무용예술학회의 논문 388편에 대해 매개집중도와 연결정도 중심성 등을 활용하여 무용예술학연구의 지식흐름을 분석하고 공동연구 커뮤니티의 활성화 정도를 분석하였다. 이 연구 결과를 통해 후속연구에서는 무용학관련 학술지의 공저자 네트워크 분석을 통하여, 무용학분야에 나타나는 독특한 지식의 순환구조를 분석하고, 통합적인 관점에서 시사점을 제시한다면 보다 의미 있는 연구가 된다고 제안하고 있다.

김태훈(2010)의 연구에서는 한국지역사회학회 학술지 『지역사회 연구』를 대상으로 공저자 네트워크에 관한 연구를 수행하였다. 먼저 저자 분석, 주제어 분석, 인용분석, 공동연구에 관한 기술통계를 선행하였으며 다음으로 공저 네트워크와 인용 네트워크를 고찰하고자 사회 네트워크 분석을 순차적으로 수행하였다. 분석결과 공동연구의 비율이 저조한 편이지만 지속적인 증가를 하고 있는 것으로 나타났으며 또한 참여 연구자들의 분포가 지나치게 편향되어 있음을 알 수 있었다.

앞선 다수의 선행연구들을 검토한 결과 기존 다수의 연구들은 공저자 네트워크의 구조

적인 형태와 특성, 중심적 특성에 기반한 네트워크 역량이 큰 연구자를 탐색·발굴하는데 연구의 초점이 주로 맞춰져 있었다. 정작 중요한 연구협력관계를 바탕으로 긴밀하게 형성된 연구자들의 응집그룹에 대한 논의와 검토는 이루어지지 않고 있었다. 온전한 공저자 네트워크 관계를 규명하기 위해서는 연구자 개인 간의 네트워크 관계를 살펴보는 것도 중요하지만 거시적인 측면에서 연구자들의 연구 집단 간의 응집형태와 응집 네트워크 관계를 파악하는 것이 중요하다. 이에 본 연구에서는 공저자 네트워크에서 연구 집단 간의 응집형태를 고찰하고자 E-I, SMI, Cohension Index 등의 지표를 활용한 커뮤니티 분석을 순차적으로 수행하고자 한다. 이를 통해 기존의 연구들이 가지는 한계를 극복하고 이를 통해 본 연구의 차별성을 찾고자 한다.

III. 기초분석

본 연구는 2006년 5월호부터 2016년 4월호 까지 한국시스템다이나믹스 학회가 발간한 논문집에 실린 실제 게재가 완료된 212편의 논문을 대상으로 연구를 수행하였다. 기초분석과 네트워크 분석에 필요한 실질적인 기초데이터들은 지난 10년간 한국시스템다이나믹스 학회에 투고된 전체 논문 확인을 통해 활용하였다. 한국시스템다이나믹스학회에 10년간 투고된 전체 논문 수는 212편이며, 각각의 논문에 등장한 총 저자 수는 463명이고, 중복을 제외한 실제 저자 수는 224명으로 나타났다. 통계결과로 보면 지난 10년간 한국시스템다이나믹스에 게재된 논문 1편당 평균 저자는 약 2.18명이며, 한명의 저자는 평균 2.08편의 논문을 게재하였음을 알 수 있다.

〈표 1〉 시스템다이나믹스 연구 기초데이터

구분	논문 수(편)	저자 수		논문당 공저자 수	저자당 논문 수
		총 저자 수	중복제외 저자 수		
한국시스템 다이나믹스	212	463	224	2.18	2.08

2006년 5월호부터 2016년 4월호까지 발표된 총 212편의 논문들 중에 공저 논문의 수는 137편으로 전체 논문의 64.62%에 해당하는 것으로 나타났다. 이는 지난 10년간 절반이상의 논문이 공저 형태로 연구되었으며 전체적으로 한국시스템다이나믹스 학회의 공저활동이 활발했다는 것을 의미한다.

또한 연도 별로 살펴보면 집계가 아직 끝나지 않은 2016년을 제외하고 2006년과 2010년의 경우 공저 비율이 77.27%로 가장 높았던 것으로 나타났으며 반대로 2014년에는 전체 논문 중 공저의 비율이 50%로 가장 낮았던 것으로 나타났다.

〈표 2〉 시스템다이나믹스 연구 공저 수

연도	전체 논문 수	공저 논문 수	비율(%)
2006	22	17	77.27
2007	22	15	68.18
2008	17	12	70.59
2009	21	13	61.90
2010	22	17	77.27
2011	23	12	52.17
2012	19	10	52.63
2013	20	11	55.00
2014	20	10	50.00
2015	20	15	75.00
2016	6	5	83.33
합계	212	137	64.62

아래의 <표 3>은 연도별 저자수와 공저자수를 상세하게 설명하고 있다. 한국시스템다이나믹스 학회에 발간된 논문들은 주로 2인 공저의 형태가 주를 이루고 있었고 지난 10년 동안 68편(32%)의 논문이 2인의 공저를 통해 발표되었다. 그 다음으로는 3인이 공저인 경우는 32편(15%)로 나타났고 4인이 참여한 공저는 31편(15%)으로 나타났다. 5인 공저의 경우는 4편(2%), 6인 공저는 2편(1%)으로 나타났다. 전반적으로 2인에서 4명이 공저한 논문의 형태가 가장 많았던 것으로 파악되었다.

〈표 3〉 시스템다이나믹스 연구 저자 수와 공저자 수

구분	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	합계
1명	5	7	5	8	5	11	9	9	10	5	1	75
2명	7	7	6	9	6	9	7	2	5	8	2	68
3명	4	2	2	2	3	2	2	6	4	3	2	32
4명	5	6	3	2	6	1	1	3	1	3	·	31
5명	1	·	1	·	1	·	·	·	·	1	·	4
6명	·	·	·	·	1	·	·	·	·	·	1	2

다음은 저자 1명당 몇 편의 논문을 게재하였는가를 확인해보았다. 분석 결과 1편만을 작성한 저자는 136명으로 전체 저자의 61%에 해당하는 것으로 나타났다. 이는 다수의 연구자가 지속적인 시스템다이내믹스 연구를 수행하지 않고 한시적인 연구에 집중하였던 것을 의미하고 있다. 또한 2편 이상 작성한 저자는 38.9%, 3편 이상 작성한 저자는 19.6%를 기록하였다. 반면 한국시스템다이내믹스 학회에 가장 많은 논문을 게재한 연구자의 논문편수는 본 논문 작성일 기준 현재 17편의 논문을 게재한 것으로 나타났다.

앞선 분석들을 통해 유추해보면 한국시스템다이내믹스 학회 논문들은 저자가 특정 소수 몇몇에게 집중되고 있음을 나타내고 있으며 이는 약 30% 저자들이 왕성한 논문투고 활동을 하고 나머지 약 70%의 연구자들은 한시적이고 일시적인 연구에 치중하고 있음을 확인할 수 있었다. 이는 다수의 연구를 수행하고 있는 약 30%의 연구자들에 의해서 한국시스템다이내믹스 학회의 지식이 창출되고 순환하고 있음을 의미한다. 이는 경제학에서 이야기 하는 파레토의 법칙¹⁾이 적용되고 있음을 시사하고 또한 복잡계 네트워크 이론에서 이야기 하는 멱함수 법칙²⁾이 실제 적용되고 있음을 나타내고 있다.

〈표 4〉 저자별 발표 논문 편 수

구분	1편	2편	3편	4편	5편	7편	8편	9편	11편	12편	15편	17편
저자수	136	43	16	12	4	4	2	1	1	1	1	2
비율(%)	61.0	19.3	7.2	5.4	1.8	1.8	0.9	0.4	0.4	0.4	0.4	0.9

다음으로 한국시스템다이내믹스 학회에 논문을 게재한 연구자들의 신분과 직책을 살펴 보았다. 저자들의 신분과 직책을 크게 교수, 조교수, 부교수, 기타 교수, 강사, 박사, 박사과정, 석사, 석사과정, 학사과정, 연구원, 공무원, 기업 및 기타로 분류하여 기초분석을 수행하였다.³⁾

- 1) 파레토의 법칙은 전체 결과의 80%가 전체 원인의 20%에 의해 일어나는 현상을 일컫는다. 8:2의 숫자 자체를 반드시 의미하는 것은 아니며 전체 성과의 대부분(80)이 몇 가지 소수의 요소(20)에 의존하고 형성되는 것을 의미한다.
- 2) 파레토 법칙과 유사개념으로 한 수(數)가 다른 수의 거듭제곱으로 표현되는 두 수의 함수적 관계를 의미한다. 즉 본 연구에서는 활동적인 소수저자들의 연구가 학회 지식 창출과 지식 구조 형성에 지대한 영향을 미치고 있음을 의미한다.
- 3) 해당 논문에 직책이나 소속이 기재되어 있지 않거나 불분명한 경우 분석에서 제외하였다.

〈표 5〉 시스템다이내믹스 연구 저자 분류

구분	빈도 수	비율(%)
교수	151	32.3
조교수	10	2.1
부교수	18	3.9
기타교수	12	2.6
강사	4	0.9
박사	5	1.1
박사과정	105	22.5
석사	1	0.2
석사과정	32	6.9
학사과정	5	1.1
연구원	68	14.6
공무원	5	1.1
기업	23	4.9
기타	15	3.2
합계	467	100.0

결과를 살펴보면 지난 10년간 교수의 직책을 가진 연구자들이 해당 기간 동안 가장 많은 논문을 게재한 것으로 나타났으며 그 비중은 전체의 32.3%에 해당한다. 그 다음으로는 대학원 박사과정 연구자들이 많은 논문을 게재한 것으로 나타났으며 그 비율은 전체의 22.5%에 해당하는 것으로 나타났다. 교수와 박사과정이 전체 저자 중 55%를 차지하는 것으로 나타나고 있다. 그 뒤로 정부출연연구원이나 유관 연구기관 소속 연구원들의 연구가 14.6%로 나타났다.

다음으로 한국시스템다이내믹스 학회에 논문을 게재한 연구자들이 속한 기관을 분석하였다. 분석결과를 살펴보면 대학에 소속되어 있는 교수 및 석·박사들의 비율이 지난 10년

〈표 6〉 시스템다이내믹스 연구 저자 소속기관 분류

구분	빈도 수	비율(%)
대학	339	72.6
연구기관	68	14.6
공공기관	8	1.7
기업	24	5.1
기타	15	3.2
합계	467	100.0

간 전체 467명 중 339명(72.6%)을 기록하여 가장 많은 인원을 차지하고 있었고 그 외 연구 기관은 68명으로 14.6%, 공공기관은 8명으로 1.7%, 기업은 24명으로 5.1%, 기타는 15명으로 3.2%로 분석되었다.

다음으로 한국시스템다이내믹스에서 공저를 통해 저술된 논문 중 제 1저자의 직군에 대하여 분석한 결과를 살펴보면 학생이 58편으로 가장 많았고 그 다음으로 교수가 42편, 연구원 24편, 기업 5편, 기타 3편, 공무원 1편, 강사 1편 순으로 나타났다.

〈표 7〉 시스템다이내믹스 연구 공저 논문 제1저자 분류

구분	교수	학생	연구원	기업	기타	공무원	강사
빈도 수	42	58	24	5	3	1	1

IV. 공저자 네트워크 분석

1. 공저자 네트워크의 구조적 특성

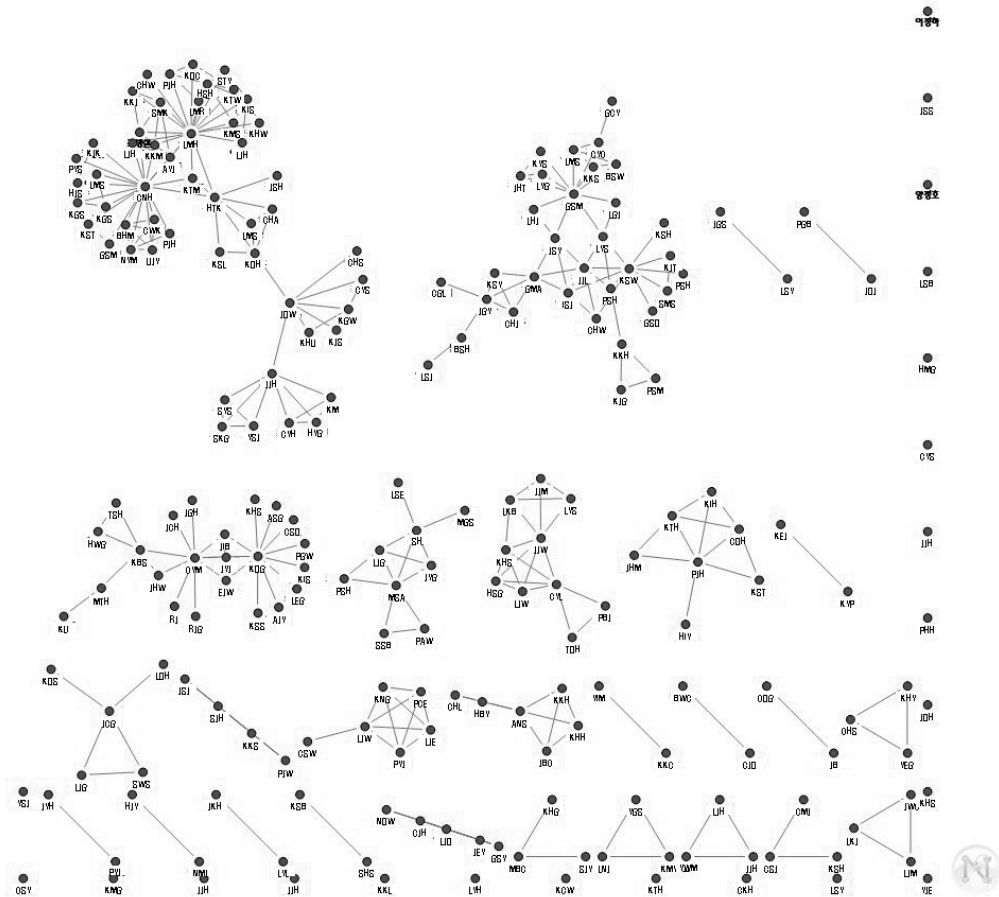
공저자 네트워크는 노드와 링크를 이용하여 공동연구를 진행한 연구자 사이의 관계를 표현한 네트워크다. 여기서 노드는 행위자를 의미하며 링크는 행위자 사이의 관계를 의미한다. 따라서 공저자 네트워크에서 노드는 논문을 게재한 연구자, 링크는 연구자 사이의 공동연구를 의미한다(최일영 외2명, 2015).

한국시스템다이내믹스 학회에 발표된 논문을 바탕으로 공저자 네트워크의 구조적 특성을 살펴보면 아래 <표 8>과 같다. 먼저 전체 노드(Node)의 수는 463개이며 저자간의 상호관계를 의미하는 링크(Link)의 수는 313개로 이는 연구자간 상호 313번의 관계를 형성하고 있는 것을 의미한다. 또한 연구자들 간 연결빈도로 노드 상호간에 존재 가능한 총 연결에서 실제 연결이 차지하는 비율을 의미하는 네트워크 밀도는 0.013의 값을 지니는 것으로 나타났다. 네트워크에서 노드간의 평균연결 빈도를 의미하는 평균연결의 값은 1.423으로 나타났다.

〈표 8〉 공저자 네트워크의 구조적 특성관련 지표

구분	링크	밀도	평균연결	컴퍼넌트	평균거리
공저자네트워크	313	0.013	1.423	49	3.058

또 네트워크에서 소속된 노드들이 하나의 연결체계를 형성하는 하위 네트워크의 개념으로 큰 네트워크 안에 작은 네트워크 구조를 뜻하는 컴퍼넌트는 49개가 존재하는 것으로 나타나고 있는데 이는 Main-Network를 중심으로 하위 네트워크 즉, 다수의 Sub-Network가 존재하고 있음을 의미한다. 컴퍼넌트 수가 많으면 정보의 교류가 원활하지 못해 정보의 단절이 생길 수 있는 네트워크 구조가 된다. 또한 네트워크 안에서 두 노드가 연결되기 위해 거쳐야하는 단계를 의미하는 평균거리는 3.058으로 나타났다. 이는 한 노드가 3.058단계를 거치면 다른 저자와 연결이 될 수 있다는 것을 의미한다.



[그림 1] 공저자 네트워크의 스프링 지도

2. 공저자 네트워크의 중심적 특성⁴⁾

중심성은 권력과 영향력이라는 개념과 연결되어 가장 많이 사용되고 있는 지표로서 대부분의 경험적인 분석에서 중심성이 높을수록 생존율이 높거나 성과가 좋은 것으로 나타나고 있다(충북테크노파크 2011). 특히 이러한 중심성이 높은 노드들을 네트워크의 허브로 지칭하기도 한다. 이를 통해 개별 노드들이 네트워크 안에서 가지는 역할을 정량화하여 측정하고 또 중심적 역할을 수행하는 노드들을 탐색하여 발굴할 수 있다. 이와 같은 특성을 가진 중심성 지표들을 본 연구에 적용한다. 그중 네트워크의 권력과 영향을 가늠하는데 유용한 지표인 연결중심성과 매개중심성을 활용한다.

1) 연결중심성

연결정도는 노드에 직접적으로 연결된 링크의 수를 측정하여 분석되며, 따라서 네트워크 전체 중심성이 아닌 개별노드의 지역 중심성을 대표하는 지표로 사용되고 있다. 즉, 한 노드의 연결정도는 네트워크 내에서 자신의 중심성을 나타내는 지표로 사용될 수 있지만 이는 한 점에 직접 연결된 이웃 점들 간의 링크만 고려하기 때문에 절대적인 링크의 수로 측정되는 것이며, 로컬(local) 중심성의 의미가 강하다(손동원, 2008). 이를 수식으로 나타내면 아래와 같다.

$$\text{연결 중심성} = \frac{\text{각 노드의 절대적 연결정도}}{(\text{전체노드수} - 1)}$$

이를 본 연구에 적용하면 한 연구자와 직접 연결되는 다른 연구자의 수를 기초하여 연결중심성을 측정한다. 따라서 한 연구자와 타 연구자간의 연결이 많은 연구자일수록 연결 중심성이 높게 나타난다. 즉 네트워크 내에서 관계를 맺고 있는 노드들의 수가 많음을 뜻하고 이는 네트워크 내에서 인기와 권력을 가지고 있음을 의미한다. 또한 이러한 노드들을 네트워크의 허브로 평가하기도 한다. 이러한 측면에서 네트워크 상에서 연결중심성이 가지는 의미는 크다고 볼 수 있다. 이를 바탕으로 분석결과를 살펴보면 다음과 같다.

4) 본 절에서는 연구자들의 실명 사용은 지양하고 영문 이름의 이니셜을 사용하였다.

〈표 9〉 연결중심성 분석 결과

순위	이름(영문 이니셜)	연결중심성
1	CNH, LMH	0.091324
2	KDH	0.054795
3	KSM	0.050228
4	KSO, OYM	0.045662
5	HSH, HYK	0.03653
6	JDW, JJH, JJW, JJR	0.031963
7	CHR, MSA, AYJ, KMA, PJH	0.027397

CNH와 LMH의 경우 연결중심성이 0.091324로 가장 높은 수준으로 산출되었다. 또한 KDH와 KSM이 뒤를 잇고 있는 것으로 나타나고 있다. 이들 연구자들은 다른 연구자들 간의 공저관계가 타 연구자들에 비해 활발하다고 평가할 수 있으며 상위에 위치한 연구자들을 중심으로 주 저자 혹은 공동저자, 교신저자로서의 연구 활동이 활발하게 이루어지고 있음을 알 수 있다. 또한 이러한 맥락에서 이들이 네트워크 내에서 가지는 지위적 역량이 강하다고 평가할 수 있다.

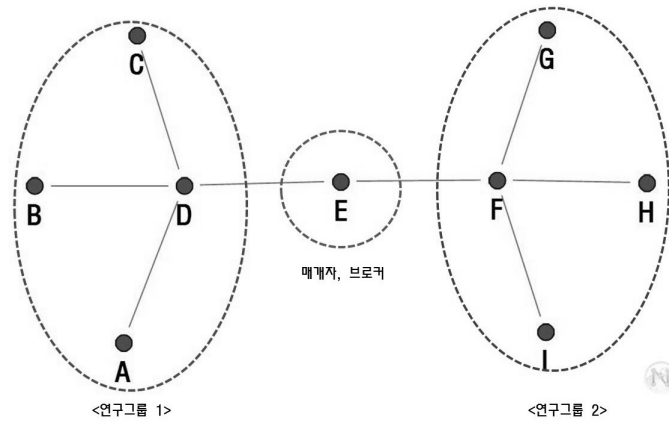
연결중심성이 높은 연구자들은 대부분 대학교수 혹은 연구소 소속 연구원으로 나타나고 있는데 이는 사회적 직책과 연구 환경으로 하여금 폭 넓은 저술의 기회를 가지고 있으며 개인이 동원할 수 있는 인적자원이 많기 때문에 네트워크 내에서 이들이 가지는 권력이나 영향력이 높다고 판단할 수 있다(임혜선, 2012, 재정리).

2) 매개중심성

매개중심성은 한 노드가 다른 노드와 네트워크를 구축하는데 있어 중개자 혹은 다리 역할을 얼마나 수행하느냐를 측정하는 개념으로 한 노드가 네트워크 내의 다른 노드들 사이에 위치하는 정도를 측정한다(임병학, 2011). 이를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\text{사이중심성} = \frac{\sum_{j < k} g_{jk}(i)/g_{jk}}{[(g-1)(g-2)/2]}$$

매개중심성은 두 개 이상의 노드를 하나로 이어주는 가교 역할을 수행하기 때문에 매개자 혹은 브로커(Broker)로 지칭한다. 통상 네트워크의 정보와 권력은 매개중심성이 높은 노드를 통해 흐르고 전파되기 때문에 네트워크 안에서 가지는 그 역할이 중요하다고 볼 수 있다.



[그림 2] 매개중심성 개념도

이를 본 연구에 적용하면 매개중심성이 높은 연구자일수록 다른 연구자와 다른 연구자 혹은 다른 연구그룹과 다른 연구그룹을 이어주는 매개역할, 즉 가교역할을 수행한다. 그렇기 때문에 매개중심성이 높은 연구자의 지위와 역할이 중요하며 공저자 네트워크 안에서 매개중심성이 높은 연구자를 매개하여 다른 연구자 혹은 다른 연구 집단의 지식과 정보가 흐른다고 볼 수 있다. 분석의 결과를 살펴보면 아래와 같다.

<표 10> 매개중심성 분석 결과

순위	이름(영문 이니셜)	매개중심성
1	HYK	0.025638
2	CNH	0.02495
3	LMH	0.023533
4	JDW	0.021386
5	KDH	0.020736
6	JJH	0.011688
7	KSM	0.009146
8	KMA	0.006535
9	KSW	0.006287
10	OYM	0.006284
11	KDH	0.005781
12	LYS	0.004992
13	JSY	0.004224
14	JKY	0.003728

HYK의 경우 가장 높은 매개중심성이 산출되었고 그 뒤로 CHN와 LMH, JDW의 매개중심성이 높은 것으로 나타나고 있다. 실제로 HYK의 경우 다양한 연구자와 연구 집단과의 공동 연구를 다수 수행한 것으로 집계되었다. 이처럼 어떤 연구자가 매개중심성이 높다는 것은 다른 연구 집단과의 연결을 유지시켜주기 때문에 공동 연구 활동에 있어 중요한 역할을 수행하고 있다고 평가할 수 있다.

반대로 자신의 의견에 따라 정보를 필터링하거나 네트워크를 취약하게 만들 수 있는 위험 또한 내포하고 있는 특성을 지니고 있다(이수상, 2010, 재정리). 중심성이 높은 저자들의 실제적인 연구 활동을 확인하기 위하여 높은 매개중심성 값을 가지는 저자들의 논문 게재수를 확인한 결과 평균 2회 이상의 논문을 게재한 것으로 나타났다(조윤정, 2015). 이처럼 매개중심성이 높은 연구자들은 네트워크 내에서 주요한 위치를 선점하여 학회 내 연구 활동에 지대한 영향력을 미치고 있다.

3. 공저자 네트워크 커뮤니티 분석

커뮤니티분석을 통해 연구협력관계가 가장 긴밀하게 형성되고 있는 응집그룹을 발견할 수 있었다. 이를 통해 응집그룹 상호간의 네트워크의 형태와 관계를 규명할 수 있다. 커뮤니티 분석을 통해 다양한 응집그룹이 추출되었지만 그중 가장 유의하다고 판단되는 자이언트 컴퍼넌트(아래 그림 11)를 추출하여 주된 연구를 수행하였다.

〈표 11〉 커뮤니티 분석 결과

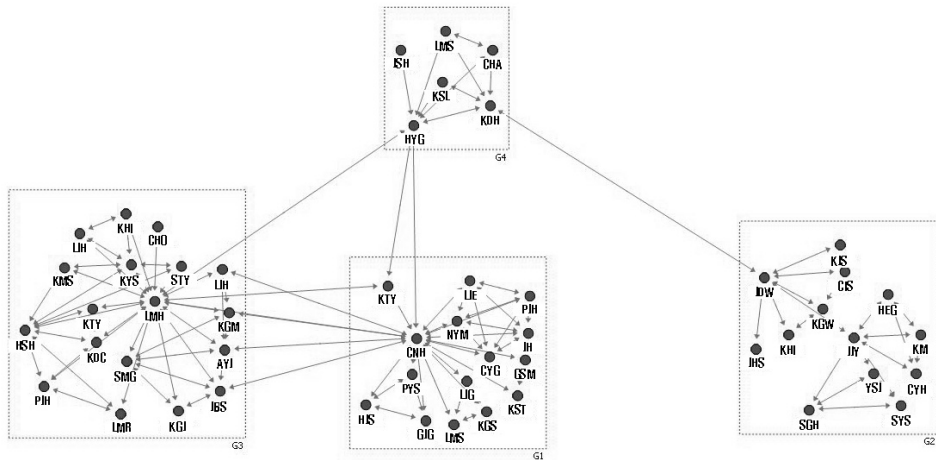
구분	G1	G2	G3	G4
Size	15	13	18	6
Density	0.339	0.195	0.133	0.346
E-I Index	-0.59	-0.905	-0.708	-0.385
SMI	0.907	0.985	0.918	0.953
Cohesion Index	10.241	65	11.714	20.7

분석의 결과 응집그룹의 크기는 G3가 가장 큰 것으로 나타났고 가장 작은 응집연구그룹은 G4로 나타났다. 반면 응집그룹의 밀도는 G4가 가장 높았다.

첫 번째로 E-I 지수⁵⁾의 경우 대부분 음(-)의 수를 나타내고 있는 것을 볼 수 있는데

5) E-I(External-Internal index)는 그룹 외 링크 수와 그룹 내 링크 수의 비율을 계산, -1에서 1사이의 값을 가지는데, -1에 가까울수록 주로 그룹 내 링크가 많다는 것을 의미하며 1에 가까울수록 그룹 외 링크가 많다는 것을 의미한다(사이람, 2008)

그중 응집그룹 G2와 G3의 경우 각각 E-I 지수가 -0.905, -0.708의 값을 가지며 주로 그룹 내부의 연결이 강하게 두드러지고 있었다. 두 번째로 SMI 지수⁶⁾를 살펴보면 모두 1에 근접한 값을 가지고 있는데 그중 응집그룹 G2가 그룹 내 링크 밀도가 가장 높은 것을 알 수 있었다. 마지막으로 C-I 지수⁷⁾는 G2가 가장 높은 것으로 나타나고 있는데 이는 그룹 내 링크 밀도가 높다는 것을 의미한다. 종합적인 검토를 통해 봤을 때 각각의 응집그룹들은 그룹 내 소속 노드들 간의 내부적인 링크에 의존하는 경향을 나타내고 있으며 특히 이러한 특징들은 G2의 그룹에서 확연하게 나타나고 있다. 이는 다른 응집그룹과 교류가 상대적으로 미비함을 의미하고 응집그룹간의 지식의 교류와 지식 전달의 필요성을 요구하게 한다.



[그림 3] 커뮤니티 클러스터 지도

- 6) SMI(Segregation Matrix Index)는 그룹 외 링크 밀도와 그룹 내 링크 밀도 비율을 계산, -1에서 1사이의 값을 가지는데, E-I와는 달리 -1에 가까울수록 그룹 외 링크 밀도가 높고 1에 가까울수록 그룹 내 링크 밀도가 높다는 것을 의미한다(사이람, 2008).
- 7) C-I(Cohesion Index) 지수는 그룹 내 링크 밀도를 그룹 외 링크 밀도로 나눈 값으로 1일 경우 그룹 내 링크와 그룹 외 링크 밀도가 같다는 의미이며 1보다 클수록 그룹 내 링크 밀도가 높다는 것을 의미한다(사이람, 2008).

V. 결론

1. 연구 결론 및 시사점

본 연구는 한국시스템다이내믹스 학회의 연구자들의 공동연구를 통해 형성되고 있는 공저자 네트워크의 구조적 특징과 중심성 특성을 고찰하여 한국시스템다이내믹스 학회의 지식 창출과 지식 교류와 전파의 과정을 살펴보고자 하였다. 또한 2006년부터 2016년까지 발표된 학회지의 논문 212편을 대상으로 시스템다이내믹스 연구 동향에 대한 기초빈도분석을 실시하였으며 이와 관련된 선행연구들을 고찰함으로써 실질적으로 유의한 연구결과를 도출하고자 하였다. 연구의 결과를 종합하면 다음과 같다.

첫째, 한국시스템다이내믹스 학회에 게재된 논문들의 경우 공저 논문 수는 전체 논문의 64.62%로 나타나고 있으며 이는 연구자들 간 상호 활발한 연구교류가 있음을 의미한다. 하지만 반대로 커뮤니티분석 결과 연구그룹과 다른 연구그룹의 사이의 교류는 다소 미비한 것으로 나타났으며 이는 타 연구그룹들과의 연구교류는 배제하고 그룹을 구성하는 내부 구성원들과의 연구를 주로 수행하고 있음을 의미한다. 둘째, 앞선 기초통계분석과 공저자 네트워크 중심성 분석에서도 나타났듯이 특정 연구자들을 주축으로 지식의 창출과 지식의 형성을 주도하는 복잡계 특성인 ‘먹합수 법칙’이 목도되고 있다. 이는 소수 특정 연구자들이 학회에서 가지는 학문적 역량이 높고 지식 구조 형성과 전파에 과정에 지대한 영향을 미치고 있으며 또 이를 주도하고 있다고 볼 수 있다. 하지만 지속가능한 연구 환경을 조성하기 위해서는 소수 연구자들의 적극적인 참여가 확산되어야 한다. 셋째, 전체 논문에 명시되어 있는 저자들의 소속과 직책을 살펴보면 대학교수와 박사과정생, 그리고 연구원들의 참여가 독보적이라 볼 수 있고 이는 공저자 네트워크 중심성 분석 결과에도 고스란히 나타나고 있다. 이와 반대로 기업이나 산업체, 혹은 공공기관 소속의 연구자들의 참여가 상당히 저조하고 이들이 학회 지식구조 형성과 지식창출에서 가지는 역량이 미비한 것을 알 수 있었다.

이러한 연구결과를 토대로 한국시스템다이내믹스 학회의 건강한 연구 환경 조성과 지속 가능한 연구 성과 창출을 위한 시사점을 도출하면 다음과 같다. 먼저 연구자들 개인 상호 간의 연구는 활발하다고 볼 수는 있지만 연구 그룹과 그룹간의 교류는 상대적으로 저조한 편이다. 이를 보완할 수 있도록 각종 세미나와 월례회 같은 행사를 확대함으로써 연구자들의 소통과 상호 지식교류의 장을 만들어 주는 것이 중요하다. 다음으로 특정 연구자들에게 집중되어 있는 지식구조를 탈피하기 위해 신진 연구자들을 발굴하고 연구 참여를 높일 수 있는 학회차원의 배려와 장려 정책이 필요하다. 마지막으로 주된 공저 연구 활동이 대학과 연구소 소속 연구자들을 중심으로 연구가 수행되고 있지만 다양한 연구 성과와 연구 스펙

트럼을 넓히기 위해서는 산·학·연 및 기타 기업체 소속의 연구자들의 참여를 지속적으로 높여야 한다. 이를 통해 한층 더 건강하고 다양한 형태의 연구 환경이 조성될 것으로 판단한다.

2. 연구의 한계 및 향후 연구일정

본 연구는 한국시스템다이내믹스 연구의 지난 10년 동안 축적된 연구 성과와 연구자들 상호관계를 사회네트워크 분석 방법론을 적용하여 새로운 시각으로 접근을 시도하였다는 데 연구의 의의를 둔다. 본 연구를 통해 학회 내 연구개발 사업과 연구 환경 조성을 위해 주요한 연구자 혹은 연구그룹들을 결정할 시 유용한 기초자료로 응용될 수 있을 것으로 판단한다. 하지만 한국시스템다이내믹스 학회의 경우 매년 발표되는 논문의 수가 적어 10년간 축적된 논문의 수가 타 학회에 비해 현저하게 적은 편이었다. 이로 인해 공저 네트워크의 시계열 분석이 사실상 불가하다고 판단하여 시계열 분석을 통한 다각적인 검토를 하지 못한 한계가 존재하고 있다. 향후 연구의 범위를 보다 넓혀 다수 축적된 논문을 바탕으로 창간호부터 현재까지의 공저자 네트워크 분석을 수행한다면 연구의 질이 더욱 향상될 것으로 본다. 또한 본 연구에는 융합학 성향이 강한 본 학회의 태생적 특성을 반영한 학제간 연구, 다양한 전공영역의 연구자 상호간의 공저관계 등을 제대로 반영하지 못한 한계가 존재하며 향후 이러한 부분들을 보완하여 연구에 반영한다면 현재보다 풍부한 연구가 될 것으로 기대한다.

【참고문헌】

- 강동준(2013). 「정기선사의 향만 네트워크 지수가 향만 경쟁력에 미치는 영향에 관한 연구」, 중앙대학교 대학원, 박사학위 논문.
- 강동준 · 이길남(2015). SNA(Social Network Analysis)를 활용한 한국무역학회지 공저자 네트워크 분석. 「무역학회지」, 40(5), 1-23.
- 김태훈(2010). 지역사회연구 학술지의 네트워크 분석에 관한 연구: 공저자 네트워크 및 인용네트워크를 중심으로, 「한국지역사회학회」, 18(4), 91-107.
- 김용학(2003). 「사회연결망분석」, 박영사.
- 김용학 · 윤정로 · 조혜선 · 김영진(2007). 과학기술 공동연구의 연결망 구조 : 좁은 세상과 위치 효과, 「한국사회학회」, 41(4), 68-103.
- 김현수(2010), 「연구자 네트워크의 구조적 위치가 연구성과에 미치는 영향에 관한 연구: 국내 나노테크놀로지 분야를 중심으로」, 성균관대학교 일반대학원, 석사학위 논문.
- 사이람(2008), 「SNA 방법론 기초교육」.
- 손동원(2008). 「사회네트워크 분석」, 경문사.
- 이수상(2010). 공저 네트워크 분석에 관한 기초연구, 「한국도서관·정보학회지」. 41(2), 297-315.
- 이수상(2013). 연구자 네트워크의 중심성과 연구성과의 연관성 분석 : 국내 기록관리학 분야 학술논문을 중심으로, 「한국도서관정보학회지」. 44(3), 405-428.
- 이만희. 박미라. 이효정. 진서훈(2011). 공저자 네트워크를 활용한 응용통계연구 분석, 「응용통계연구」, 24(6), 1259 - 1270.
- 임병학(2011). 논문 공동저자 네트워크가 연구 성과에 미치는 영향에 대한 연구 : 로고스경영연구의 공동저자를 중심으로, 「로고스 경영연구」, 10(1), 1-20.
- 임혜선 · 장태우(2012). 물류 분야 학술지의 공저자 네트워크 및 연구주제 분석, 「산업공학」, Vol.25 No.4, pp.458-471.
- 임혜선(2012). 「SNA 기반의 물류분야 협력연구 지식구조 분석」, 경기대학교 산업경영공학과 석사 학위 논문.
- 조윤정(2015). 「경영전략 분야의 공저자 관계 구조 분석 : 사회네트워크 분석 활용」, 부경대학교 경영학과 석사 학위 논문.
- 충북테크노파크 정책기획단(2011). 「충북지역산업 진흥사업 성과분석」.
- 최일영 · 안병주 · 정승혜(2015). 「무용예술학연구」의 공저자 네트워크 분석. 「한국체육과학

회지』. 24(3), 1263-1271.

- Cappell, C. L. & T. M. Guterbock(1992). Visible Colleges: The Social and Conceptual Structure of Sociology Specialties, *American Sociological Review*, 57, 266-273.
- Haythornthwaite, C.(1996). Social Network Analysis: An Approach and Technique for the Study of Information Exchange, *Library and Information Science Research*, Vol.18 No.4, pp.323-342.
- Katz, J. S. and Martin, B. R.(1997). What is research collaboration?, *Research Policy*, Vol.26 No.1, pp.1-18.
- Kim, Y. H. (2011), *Social Network Analysis*, Pakyoungsa, Seoul, Korea.
- Lee, S. and Bozeman, B.(2005). The impact of research collaboration on scientific productivity, *Social Studies of Science*, Vol.35 No.5, pp.673-702.
- Landry, R., Traore, N., and Godin, B.(1996). An Econometric Analysis of the Effect of Collaboration on Academic Research Productivity, *Higher Education*, Vol.32 No.3, pp.283-301.
- Liebowitz, J.(2005). Linking social network analysis with the analytic hierarchy process for knowledge mapping in organizations, *Journal of Knowledge Management*, Vol.9 No.1, pp.76-86.
- Melin, G. and Persson, O.(1996). Studying Research Collaboration Using Coauthorships, *Scientometrics*, Vol.36 No.3, pp.363-377.
- Moody, J. (2004). The Structure of a Social Science Collaboration Network: Disciplinary Cohesion from 1963 to 1999. *American Sociological Review*, 69(2), 213-238.

▶ 접수일 : 2016. 8. 31. / 수정일 : 초심게재 / 게재확정일 : 2016. 9. 27.