

한국의 기술혁신 연구자 관계구조 분석 : 사회네트워크 관점*

Coauthorship Analysis of Innovation Studies in Korea
: A Social Network Perspective

남수현(Su Hyeon Namn)** , 설성수(Sung-Soo Seol)***

목 차

- | | |
|------------------|------------------|
| I. 서설 | IV. 네트워크 분석 |
| II. 연구대상과 데이터 | V. 네트워크 속성과 상호인용 |
| III. 네트워크의 기본 구조 | VI. 결론 및 연구의 제한점 |

국 문 요 약

본 논문은 사회네트워크분석 방법론을 이용하여 연구자간의 관계구조를 분석한 것이다. 분석대상은 기술혁신 분야의 두 학술저널인 「기술혁신연구(JTI)」와 「기술혁신학회지(KTIS)」에 발표된 모든 논문의 저자들이다.

우리나라의 기술혁신 연구자 네트워크인 KTIS와 JTI의 일반적 특성은 네트워크의 분절화가 심하여 링크 밀도가 낮으나 KTIS는 네트워크의 중심에 131명의 연구자 그룹으로 형성된 큰 컴포넌트를 형성하고 있어 공동연구망이 견실하다. 연구분야별로는 기술정책분야가 가장 낮고, KTIS의 기술경영분야의 밀도가 가장 높게 나타났다. 또한 연구자의 소속을 대학과 대학외로 나누어 분석한 결과, 두 그룹의 평균 링크 수에 대한 차이는 통계적 유의성이 없었다. 구조적 특성과 클러스터링계수의 피인용횟수에 대한 설명력은 구조적 특성은 유효하나 클러스터링계수는 유의하지 않아 기존의 경영정보 분야에 대한 연구와 동일한 결과를 보였다.

핵심어 : 사회네트워크분석, 공동연구, 네트워크 밀도, 구조적 특색, 클러스터링 계수

* 본 논문은 2006년도 한남대학교 교비지원 연구비에 의하여 수행되었음.

** 한남대학교 경영정보학과 교수, namn@hnu.kr

*** 한남대학교 경제학과 교수, s.s.seol@hnu.kr

ABSTRACT

We analyze the embedded structure of the cooperative research network of innovation studies in Korea by employing the social network methodology. The network covers all the contributing authors of two journals such as JTI and KTIS, which are the representative journals in the area.

Across the networks, the following is noted: networks are highly segmented and the link density is low. However, the KTIS network contains a huge component with 131 authors which implies the existence of a strong cooperative research infrastructure. We derived three sub-networks such as technology economics, technology management, and technology policy. The technology policy network has the lowest link density, while the technology management network of KTIS shows relatively high cohesion among the researchers.

Simulation analysis for the mean links of networks by author affiliation divided into university and others show no significant difference between the two networks. We also found a higher ratio of linkage within affiliated network than between networks, rejecting our hypothesis that researchers will not discriminate their research partners due to strong governmental inducement of academia-research-industry cooperation.

The explainability of indices from network structure such as structural holes and clustering coefficients on the performance of researchers measured by the number of citations confirms the results reported in Oh, Choi & Kim (2006) which dealt with the research network of information systems.

Key Words : Social Network Analysis, Cooperative Research, Network Density, Structural Hole, Clustering Coefficient

I. 서 설

1. 문제제기와 선행연구

기술혁신 관련분야는 연구대상이 다양하고 (Merino et al., 2006), 그만큼 관련 주제를 나타내는 키워드도 많다. 연구자도 대학, 연구소, 정부기관, 일반기업 등을 망라하여 다른 저널과 비교하여 연구자들의 분포 또한 넓다. 이 분야는 새로운 경제, 경영 및 기술 환경에 대응하기 위하여 다른 분야 연구자와의 교류나 공동연구가 필수적이기 때문이다.

그런데 공동연구의 중요성은 실증연구에 의해 입증되고 있다. Hicks et al (1996)은 일본과 유럽국가를 대상으로 산학공동 연구를 비교분석하였다. 대학과 산업체의 공동연구 활동 정도를 SCI 논문 수를 동태적으로 측정하여 유럽기업이 일본기업보다 많음을 보였다. 그들은 이러한 차이가 양 지역에서 연구개발의 기술적 효율성(technical efficiency)과 기술적 기회(technical opportunities)의 격차를 설명할 수 있을 것이라고 하였다. 이는 그간 학계가 독자적인 연구를 보다 가치있게 판단하던 관행을 정면으로 부정하는 연구라 할 것이다. 설성수, 이종현(1999)은 한국의 과학기술계는 해당 학문 내에서의 학제연구가 60%, 다른 학문과의 학제연구가 40%라 발표한 바 있다. 또한 Butcher와 Jeffrey(2004)는 수질 관리 분야에서 87%의 논문이 공동저자이고, 특히 1994년 이후에는 91%의 저자들이 학제 연구자라 지적한다.

이와 같은 공동연구에 대한 분석은 최근 단순한 기술적인 통계제공 차원을 넘어서고 있다. Oh, Choi & Kim(2006)은 경영정보분야의 연구네트워크에 내재되어 있는 구조와 성격을 규명하였다. 사회네트워크 분석방법을 경영정보분야에 도입한 것이다. 손동원(2002), 김용학(2004) 등에서 보는 바와 같은 사회네트워크 방법론은, 기존의 분석이 주로 연구대상의 속성이나 속성간의 관계, 추세, 패턴 등을 주요 관심의 대상으로 한 것과 달리, 연구자들의 관계를 네트워크로 보아 네트워크가 지니는 구조적인 특성을 규명하고자 한다.

최근 네트워크와 관련된 연구가 사회학분야를 벗어나 다양한 분야에 적용되고 있는 점은 대규모 네트워크를 처리할 수 있는 알고리즘의 발전에 기인한다. 대용량 컴퓨터와 알고리즘이 없던 시절에는 사회네트워크분석은 서술적인 언급에 그칠 수밖에 없었다. 그런데 Albert와 Barabasi (2002), Barabasi (2002)와 같은 경우는 물리학자임에도 거의 모든 분야의 네트워크를, 그것도 수학적식으로 표현하며 예측할 정도이다. 네트워크 연구를 지원하는 주요 소프트웨어는 한국의 NetMiner, 가장 보편적으로 사용되고 있는 미국의 UCINET,

그리고 웨어웨어로 제공되는 슬로베니아의 PAJEK 등이 있다.

본 논문은 사회네트워크분석 방법론을 도입하여 한국의 기술혁신 연구분야의 네트워크 구조를 규명하고자 한 것이다. 이 분야 저자간의 네트워크가 어떻게 형성되어 있고, 그 네트워크가 피인용으로 파악되는 연구성과에 어떻게 영향을 미치는 지를 분석하고자 한 것이다. 분석대상은 이 분야의 두 학술잡지인 「기술혁신연구(JTI) (전 기술경영경제연구)」와 「기술혁신학회지(KTIS)」에 발표한 모든 저자들이다.

분석은 먼저 전체 네트워크를 종합적 관점에서 분석한다. 이어 JTI와 KTIS를 개별적인 네트워크로 분리하여 각 저널이 지니는 특성을 살펴보고, 모든 논문을 기술경제, 기술경영, 기술정책으로 구분하여 분야별 특성을 살펴볼 것이다. 세 번째로는 각 저널을 분야별로 검토하여 각 분야의 네트워크 구조를 비교하고 세부 네트워크에 내재되어 있는 특성을 규명할 것이다. 또한 연구자의 소속 기관을 대학과 그 외의 그룹으로 나누어 그룹 내부에서의 관계 및 그룹간의 관계에서 특이성을 살펴본다. 마지막으로 공동연구 네트워크의 구조로부터 나오는 속성지표와 연구자간의 상호 인용 관계를 검증한다.

2. 개념정의

1) 네트워크

공동연구 네트워크는 우리가 관심을 갖고 있는 기술혁신분야, 특히 JTI와 KTIS의 저자 집합과 이들 저자를 연계하는 링크의 집합으로 정의된다. 본 논문에서는 네트워크의 구성 요소가 연구자인 것이다. 또한 네트워크 분석은 관점에 따라 전체 네트워크를 대상으로 할 수도 있고, 특정 연구자를 중심으로 형성되는 국지(ego) 네트워크에 초점을 맞추어 볼 수도 있다.

두 연구자 간 연계에서 방향성이 없는 경우는 두 연구자는 대등한 관계로, 서로 정보나 자원을 양방향으로 전달하고 받을 수 있다. 그러나 방향성이 있는 네트워크에서는 공여자와 수신자가 분명히 정의된다. 만약 n 연구자로 되어 있는 네트워크에서, 방향성이 있는 경우는 가능한 모든 링크의 개수는 $n(n-1)$ 이지만, 방향성이 없을 때에는, $n(n-1)/2$ 개의 최대 연결선이 존재한다. 본 논문에서의 공동저자 간 링크는 방향성이 없는 것으로 간주하였다.

네트워크의 밀도(density)와 응집력(cohesion)은 유사한 개념으로 연구자간의 연결정도(connectivity)의 척도로 사용된다. 즉, 밀도가 높은 네트워크에서는 연구자들간의 연결이 풍부하여 다양한 지식에 접근이 가능한 구조이다.

최단경로 (geodesic distance)란 두 연구자간의 경로 중 가장 짧은 단계들로 구성된 것을 말한다. 경로의 거리(distance)는 단순히 두 연구자간의 연결선의 합을 의미한다. 직경 (diameter)은 두 연구자를 연결하는데 필요한 최단 경로 중, 가장 긴 경로를 말한다.

두 개 이상의 네트워크 구조를 비교 분석하기 위해서는 절대적인 지표를 이용하는 것은 의미가 없다. 네트워크의 크기나 속성 등이 다르기 때문이다. 일반적으로 네트워크의 상호 비교를 위하여 절대지표에 대한 정규화가 이루어진다.

2) 네트워크 중심성과 집중도

중심성(centrality)은 한 연구자가 전체 네트워크에서 중심에 위치하는 정도를 측정하는 지표이다. 중심성은 다시 로컬 중심성과 글로벌 중심성으로 구분된다. 로컬 중심성은 한 연구자를 중심으로 연계된 인접 연구자들과의 관계를 측정한 것이고, 글로벌 중심성은 인접한 연구자뿐만 아니라, 네트워크의 전체 연구자들을 모두 고려하여 측정한 것이다.

중심성은 연결 (degree) 정도, 근접 (closeness) 정도, 매개 (betweenness) 정도 등으로 측정된다. 이 중, 연결정도 중심성은 특정 연구자를 중심으로 직접 연결선이 존재하는 개수로, 근접정도는 특정 연구자와 다른 연구자와의 거리 (또는 링크 수의 합)로 계산된다. 매개정도는 특정 연구자가 여타 다른 연구자들의 연계에서 매개자적 역할을 수행하는 횟수로 계산된다.

집중도 (centralization)는 중심성의 분산개념이다. 중심성과 마찬가지로 연결집중도, 근접집중도, 그리고 매개집중도 등이 존재한다. 연결집중도는 각 연구자가 다른 연구자와 직접 연계되어 있는 링크 수의 분포에서 분산을 계산한 것이다. (자세한 내용은 손동원, 2002 참조)

3) 구조적 틈새

구조적 틈새(structural hole¹⁾)는 Burt (1992)가 제시한 개념으로, 네트워크 밀도를 통해 연구자간 관계의 풍성함을 측정하는 것이 반드시 네트워크에 내재하는 사회자본을 측정하는 효과적인 지표인가라는 질문에 답하기 위해 제안된 것이다. 즉, 네트워크의 효율성은 높은 밀도가 아닌, 최소한의 연계로 그 역할을 충분히 달성할 수 있다는 것이다.

예를 들어, A, B, C의 세 연구자가 네트워크를 구성한다고 가정하자.²⁾ 만약, 네트워크1은 이들 셋이 직접 연결이 되어 있고, 네트워크2에서는 A와 B, A와 C가 직접 연결되어

¹⁾ structural hole에 대한 손동원(2002)의 번역을 사용하였음.

²⁾ 본 예는 Hanneman et. al(2005)을 참조하였음.

있다고 하자. 네트워크1은 세 구성원들이 직접 정보를 주고 받을 수 있는 상황이고, 네트워크2에서는 B와 C는 직접 연결이 없지만 A를 경유하여 정보흐름이 가능하게 된다. 따라서, 정보흐름의 가능성을 고려한다면, 두 네트워크에서 차이점이 없고, 네트워크1에서의 B와 C의 연계는 중복에 지나지 않는다. 따라서 네트워크2가 네트워크1 보다 효율성(구조적 틈새)이 높다고 간주된다.

하나의 ego 네트워크에 국한시켜볼 때, 각 연구자는 네트워크에서의 위치에 따라서 구조적 틈새의 값은 달라질 수 있게 된다. 구조적 틈새를 측정하는 한 지표는 효과적 크기(effective size)이다. ego 네트워크에서 효과적 크기는 ego와 ego 네트워크 내의 다른 연구자들 간의 총 링크 수에서 다른 연구자들이 ego를 제외한 그들 간의 링크 수의 평균을 뺀 값으로 계산된다.

4) 클러스터링 계수

클러스터링계수는 특정 연구자와 직접 연계되어 있는 연구자만을 대상으로 하는 소규모 네트워크를 분석대상으로 한다. 이 소규모 네트워크가 갖고 있는 링크 수를 모든 가능한 링크의 수로 나눈 값이 클러스터링 계수(Watts and Strogatz, 1998)가 된다. 클러스터링 계수의 의미는 특정연구자를 중심으로 하는 소규모 네트워크의 결속력 정도를 파악할 수 있는 지표이다. Coleman (1988)은 이 개념을 네트워크 클로져(closure)라고 하였다. Krackhardt et. al (1993)은 클러스터링계수가 높은 네트워크를 내파 관계(imploded relationship) 지향적이라고 규정하였는데, 이러한 관계구조에서는 지식자본이 내부에서만 활용되고, 외부 지식자본의 유입이 어렵다고 하였다.

II. 연구대상과 데이터

1. 기술혁신 관련 기존 연구

한국에서의 기술혁신 관련 저널의 시초는 민간기업 연구소들의 단체인 산업기술진흥협회가 설립 직후 1983년 간행한 「기술과 경영」(전 기술관리)이다. 뒤이어 공공부문에서는 1991년 과학기술정책연구원(전 과학기술정책평가센터, 과학기술정책연구소)이 발행한 「과학기술정책」지가 발행된다. 그러나 이들은 학술잡지는 아니다.

기술혁신 관련 학술잡지의 시초는 기술경영경제학회에서 1993년 발행된 「기술경영경제학회지」인데, 1996년부터 「기술혁신연구」로 개칭되었다. 기술경영경제학회지는 년 1회 발간되었으나 시간이 흐르며 1997년부터 년 2회, 2004년부터 년 3회 발간되고 있다. 한편 한국기술혁신학회에서는 1998년부터 「기술혁신학회지」를 년 3회 발행하고 있는데, 2005년부터 년 4회 발행하고 있다. 한국기술혁신학회는 기술경영경제학회에서 현장에서의 혁신 사례를 다루는 소위 '현장연구'의 필요성을 주장하는 연구자들에 의해 분리된 학회이다. 현재는 두 학회지가 모두 현장연구를 다루고 있다.

한국에서의 기술혁신연구를 분석한 연구는 몇 개가 있다. 먼저 최종인과 Bean(1999)에서는 국내대학의 기술경영 프로그램 설치 현황과 과제가 다루어졌다. 남수현, 박정민, 설성수(2005)는 상기한 두 학술지와 「벤처경영연구」에 게재된 논문을 중심으로 연구분야별 특성과 저자 및 키워드 분석을 시도하였다. 한편 Seol & Namn(2006)은 국내 기술혁신 연구의 기원과 갈래 및 활동을 소개하였고, Seol & Park(2008, in press)은 국내 기술혁신 연구에서 인용된 모든 인용을 분석하여 기술혁신연구에 영향을 미치는 국내외 분야 연구자 혹은 저술 등을 규명하였다.

2. 데이터 및 분석

본 연구의 데이터는 모두 한남대 하이테크비즈니스연구소가 보유한 데이터베이스에서 추출된 것이다. 이 데이터베이스는 한국의 기술혁신 관련 논문의 저자, 인용된 참고문헌, 저자소속 등의 정보를 담고 있다. 그에 따라 우리는 JTI (1993-2006년, 263편)와 KTIS(1997-2006년, 293편)에 게재된 모든 논문의 저자와 이들 논문에서의 인용자료를 대상으로 하였다.

공동연구 네트워크를 생성하기 위하여 다음과 같은 절차를 따랐다. 첫째, 두 학술지에 발표된 각 논문에 대해 단독 저자 또는 공동저자(1인 이상의 공저)의 이름을 제1저자, 제2저자 등과 같은 순서로 하나의 레코드에 기록하였다. 둘째, 이와 같은 형태의 데이터베이스로부터 공동저자의 경우, 제1저자와 나머지 저자 각각을 연계하는 링크를 부여하였다. 제1저자는 공동연구의 핵심역할을 수행하는 사람으로서 다른 공동연구자를 선정하는 권한을 주로 행사한다. 따라서 A,B,C 등과 같은 3명의 공동저자가 참여했다면, A-B, A-C와 같은 2개의 링크가 발생하게 된다. 링크 B-C는 제2저자와 제3저자의 링크로 제1저자와 B 또는 C와의 관계보다 미약한 것으로 판단하여 본 연구에서는 고려하지 않았다³⁾.

분석 툴은 일반적인 네트워크 분석은 주로 NetMiner 2.6을 이용하였고, 시뮬레이션과 클러스터링계수의 계산은 UCINET 6.164를 이용하였다.

Ⅲ. 네트워크의 기본 구조

1. 개괄적인 속성

상기 데이터로부터 도출된 네트워크의 개괄적인 속성은 <표 1>과 같다. 두 저널의 통합 네트워크에서 연구자 수는 636명이고, 링크 수는 503개로 저자 당 평균 링크 수는 0.79개로 네트워크 연계 정도가 매우 낮다. 또한 다른 저자와 연계되지 않고 단독으로 논문을 발표하는 고립저자 집단이 77명, 다른 저자 그룹과 단 하나의 연계만을 가진 집단이 362명으로, 전체 636명의 저자 중 약 70%에 이르는 439명이 네트워크 구성에 매우 미약한 기여를 하고 있다.

<표 1> 개괄적인 네트워크 구성

구분	전체	JTI	KTIS
논문 수	556	263	293
참여저자 수	636	360	353
링크 수	503	239	280
고립저자 수 (isolated)	77	56	35
1개 링크보유자 수 (pendant)	362	221	200
컴포넌트 (component) 수 (고립저자 제외)	94	76	57
네트워크 밀도 ^{주)}	0.002	0.004	0.005

주: 존재하는 링크 수를 모든 가능한 링크의 수로 나눈 값

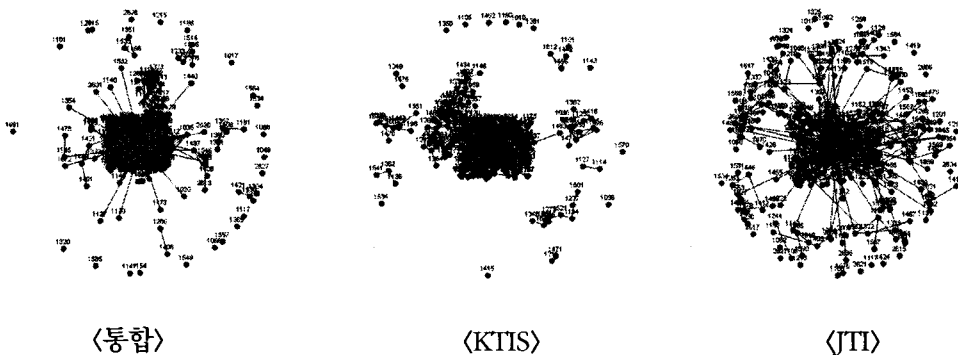
JTI와 KTIS 두 저널에 모두 발표한 저자는 77명이다. 그런데 전체 네트워크에서의 링

3) 제1저자를 중심으로 한 분석의 예는 저자동시인용분석 (author co-citation analysis)에서 볼 수 있다. 복수의 저자가 참여하는 논문의 경우, 피인용저자를 단지 제1저자에 국한시켜 분석하기도 한다. (White & McCain, 1998; McCain, 1990 참조)

크 수(503)와 JTI(239)와 KTIS(280)의 링크 수의 합의 차이는 단지 16으로, 양쪽 저널에 발표한 77명 중 대다수가 공동저작활동을 하지 않고 독자적인 연구활동을 하고 있음을 볼 수 있다. 이는 네트워크 관점에서 KTIS와 JTI간의 링크가 두 저널간에 매우 희박하게 존재함을 의미한다. 따라서, 본 논문에서의 분석 대부분은 통합 네트워크가 아닌 KTIS와 JTI 네트워크를 독립적 관점에서 실시하기로 한다. JTI와 KTIS는 논문 수와 참여저자 수에서 거의 동일하나, JTI 네트워크가 링크 수는 적고, 고립저자 수, 링크를 단지 한 개만 보유하는 저자 수, 컴포넌트⁴⁾(component) 수 등은 상대적으로 많아 네트워크 구성원간 응집력이 KTIS보다 낮다고 할 수 있다.

네트워크의 구조를 보이는 그래프는 <그림 1>과 같다. 통합 네트워크와 KTIS가 중앙에 큰 컴포넌트와 주위의 소규모 집단으로 구성된 반면 JTI는 중앙의 컴포넌트가 상대적으로 적고 중앙 주변에 많은 컴포넌트들이 산재하여, 응집력이 약함을 보이고 있다.

<그림 1> 네트워크의 구조



2. 컴포넌트 구조

컴포넌트 분석은 하나의 네트워크가 몇 개의 하위 네트워크로 구성되어 있는지를 파악할 수 있게 한다. 만약 네트워크가 많은 수의 컴포넌트로 구성되었다면 그 네트워크는 분절현상을 보여 네트워크 효과를 확대하는데 장애가 된다. 고립된 연구자를 제외한 KTIS와 JTI의 컴포넌트 분포는 <표 2>와 같다. KTIS 네트워크의 경우, 131명으로 구성된 거대한

4) 공동연구네트워크는 모든 연구자들이 직접 또는 간접으로 연계되어 있지 않다면, 하나 혹은 그 이상의 연구자들은 독립적인 네트워크를 구성한다고 할 수 있다. 이와 같은 하부 네트워크 구조를 컴포넌트라고 정의한다. 따라서 특정 컴포넌트 내부의 연구자들은 외부 연구자들과는 링크가 존재하지 않아 섬과 같이 고립된 성격을 지닌다.

컴포넌트를 중심으로 소규모 컴포넌트들로 분포되어 있는 반면, JTI는 많은 컴포넌트로 분절화 되어 있다.

〈표 2〉 JTI와 KTIS의 컴포넌트 분포

컴포넌트 규모 (연구자 수)	컴포넌트 수	
	JTI	KTIS
2	37	22
3	14	19
4	5	3
5	4	8
6	4	1
7	2	1
8	3	-
9	-	1
10	3	-
12	1	1
13	1	-
14	1	-
17	1	-
131	-	1
계	76	57

3. 연구분야별 네트워크

연구분야는 Seol & Park(2008, in press)에서 밝힌 바와 같이 가장 기술경제, 기술경영 및 기술정책으로 구분하였다. 그런데 기술정책분야는 엄밀히 보면 기술정책분야와 과학학 분야를 합한 분야라 약간 이질적인 성격이 있다. 기술경제와 기술경영의 구분도 경우에 따라 대단히 어려우나 거시적인 성격은 기술경제, 미시적인 성격은 기술경영으로 구분하였다. 각 분야를 구분하기 위한 키워드는 〈표 3〉에 나타나 있다.

〈표 3〉 기술혁신연구 분야분류 키워드

분야	키워드	
기술경제 (Macro)	기술경제, 기술산업, 혁신체제, 정보통신, 기술예측, 기술혁신지표, 기술표준	
기술경영 (Micro)	기술경영, 연구관리, 기술관리, 기술상용화, 신제품개발, 기술이전, 벤처, e비즈, 기술평가/기술분석, 기술가치평가	
기술정책	기술정책	연구/과학단지/거점, 과학/기술/R&D/인력/산업 정책
	과학학	과학문화, 과학사회문화, 과학교육

분석대상 논문 556편을 〈표 3〉에 제시된 키워드를 중심으로 기술경제, 기술경영, 그리고 기술정책의 세 분야로 구분하였다. 따라서, 한 연구자가 하나 이상의 논문을 게재하였다면, 그 연구자는 하나 이상의 연구분야 네트워크에 참여하게 된다. 공동연구 링크를 살펴보면 〈표 4〉와 같다.

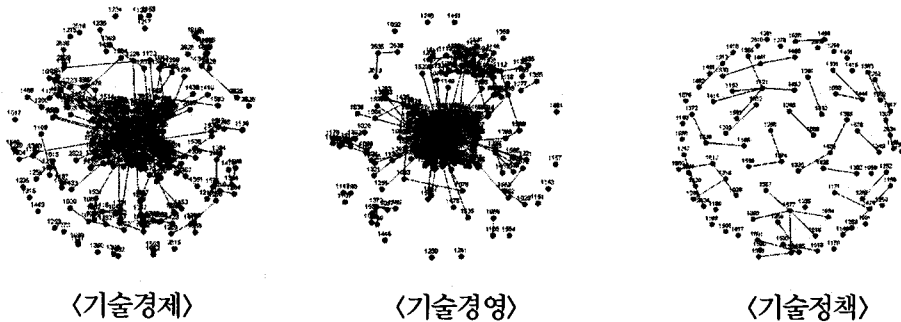
연구분야별 평균 링크 수는 기술경영과 기술경제가 유사한 반면, 기술정책은 가장 낮게 나타났다. 또한 KTIS의 기술경영이 가장 높고, KTIS의 기술정책이 가장 낮다. 이는 기술정책 분야가 정부나 연구기관의 특정 연구자에 집중이 되고 연구 성격이 일반성을 띄지 않아 공동연구보다는 단독 연구 경향이 있는 것으로 판단된다. 〈그림 2〉는 기술경제, 기술경영, 기술정책 네트워크의 그래프이다.

〈표 4〉 연구분야별 네트워크 구조

구분	참여저자 수 ¹	링크 수 ²	평균 링크 수 ³ (표준편차 ⁴)	컴포넌트 수	최대 컴포넌트 크기 (참여 연구자 수)	
기술경제	전체	237	338	1.402 (1.208)	70	29
	JTI	172	202	1.174 (0.892)		
	KTIS	194	140	1.443 (1.153)		
기술경영	전체	238	338	1.450 (1.298)	64	38
	JTI	192	124	1.292 (1.224)		
	KTIS	175	128	1.464 (1.213)		
기술정책	전체	43	93	0.925 (0.871)	25	6
	JTI	46	19	0.828 (0.842)		
	KTIS	52	24	0.923 (0.895)		

- 주 1. 참여저자 수에서 링크가 없는 고립저자 수는 제외함. 따라서 참여저자 수의 합과 <표 1>의 전체 참여자 수에 차이가 있음.
- 2. 분야별 네트워크 내에 존재하는 링크 수에 국한시킴으로써 각 분야에서 저널에 존재하는 링크 수의 합과 전체 링크 수에 차이가 있음.
- 3. 평균링크 수 = 링크 수 / 참여저자 (고립저자 수는 제외한 수)
- 4. 각 저자의 링크 수에 대한 표준편차

<그림 2> 분야별 네트워크 형태



IV. 네트워크 분석

1. 네트워크 밀도

네트워크 밀도(density)란 네트워크의 저자 간 연결 정도로 네트워크의 응집력 정도를 측정하는 지표로 0과 1사이의 값을 갖는다. 즉, 밀도는 (연결 수 / 최대 가능 연결 수)로 계산된다. 일반적으로 밀도가 높은 네트워크에서의 연구자들은 보다 많고, 다양한 정보에 접하게 된다. 응집력이 높은 네트워크가 지니는 강점은 감정적 지원, 정보교류의 활성화, 배신행위의 약화 등의 사회적 자본을 높이는데 유용하다는 점이다 (손동원, 2002, 네트워크 밀도가 R&D성과에 미치는 영향력 분석과 관련된 연구는 Rogers et al. (2001)를 참조).

통합네트워크, JTI, KTIS 등 세 개의 네트워크 및 연구분야별 네트워크의 밀도는 <표 5>와 같다. 대분류 및 소분류 표에서 나타나는 공통적인 특징은 네트워크의 크기가 클수록 네트워크 밀도는 작게 나타난다는 점이다. 이는 네트워크 밀도 지표를 계산하는데 '최대 가능 연결 수'가 네트워크 연구자 크기의 제곱에 비례하여, 이를 링크 수로 나누는 정

규화 과정을 거치기 때문이다. 즉, 기술정책이 평균 링크 수는 다른 분야보다 적지만, 네트워크 밀도는 크게 나타난 현상은 이 이유에 기인한다.

〈표 5〉 각 구분별 네트워크의 밀도

대분류		소분류		
구분	밀도	학술지	구분	밀도
전체	0.002	JTI	기술경제	0.007
JTI	0.004		기술경영	0.007
KTIS	0.005		기술정책	0.018
기술경제	0.004	KTIS	기술경제	0.007
기술경영	0.004		기술경영	0.008
기술정책	0.001		기술정책	0.018

이 표가 의미하는 바는 대분류, 소분류를 막론하고, 네트워크에 존재하는 저자 간 관계가 활발하지 못함을 의미한다. 소분류의 밀도가 대분류 밀도보다 약간 높긴 하지만 네트워크의 크기를 감안한다면 큰 차이는 없다. 이는 특정분야에 속하는 저자들은 연구영역의 동질성이 높아 공동연구가 보다 활발히 일어날 것이라는 본 연구의 가정을 입증하지 못한 결과이다.

2. 네트워크 집중도

네트워크 집중도란 네트워크 전체가 한 중심으로 집중되는 정도를 표현하는 지표이다. 네트워크 밀도가 연구자들과 얼마나 다양하게 연계되는 지를 측정하는 평균개념인데 반하여, 집중도는 특정 연구자에게 얼마나 몰리는가를 표현하는 분산개념이다. 따라서, 밀도가 높은 네트워크는 연구자들의 상호작용이 균등하게 활발하게 일어남을 의미하여, 집중도가 낮은 경향을 보인다. 집중도가 높은 네트워크는 특정 연구자가 다른 연구자들보다 훨씬 많은 연계를 갖는다. 집중도가 높은 네트워크는 소수의 연구자들이 네트워크 허브로써 중요한 역할을 수행하나, 허브들에게 정보가 과잉 집중됨으로 인한 정보처리의 부실화, 허브들의 정보독식 등이 있어 전체 네트워크 성능을 저해할 수도 있다. (손동원, 2002, 참조)

Barabasi (2002)는 복잡네트워크에서 연결정도의 변이는 멱함수법칙 (power law)을

따름을 여러 형태의 네트워크를 통하여 실증하였다. 이는 연결정도의 불균등성이 네트워크에 일반적으로 존재함을 의미한다. 다시 말해 각 연구자가 다른 연구자와 연결하기 위한 의사결정을 할 때, 임의로 연결을 하는 것이 아니고, 선호도에 따라 결정을 한다는 것이다. 이는 네트워크의 구조가 단순히 임의적으로 연계된다는 (randomly connected) 것과 상당히 차이가 있는 개념이다. 따라서 각 연구자가 보유하고 있는 연결선 등과 같은 지표가 불균형적으로 분포되어 있으면, 네트워크의 집중도는 높아진다.

본 연구에서 다루고 있는 네트워크는 다수의 컴포넌트로 구성되어 분절현상이 매우 높다. 동일 컴포넌트에 속하지 않는 두 연구자간의 거리는 무한대이기 때문에 근접중심성 지표를 분석에서 제외한다.

연결정도와 매개 집중도 지표는 <표 6>과 같다. KTIS는 연결집중도와 매개집중도에서 JTI보다 높다. 특히, KTIS의 매개집중도는 JTI의 거의 2배에 달하여 소수의 구성원이 중요한 매개자 역할을 담당하고 있음을 알 수 있다. 기술정책은 KTIS와 JTI 공통으로 평균 링크 수가 적음에도 불구하고 연결정도 중심성이 다른 분야에 비해 높게 나타나고 있다. 이는 기술정책과 관련하여, 소수의 핵심인물을 중심으로 다른 연구자와의 공동연구가 선별적으로 이루어지고 있음을 의미한다. 그러나 JTI와 KTIS를 통합한 분야별 집중도는 JTI와 KTIS 네트워크의 집중도보다 대부분 낮게 나타나고 있다. 이는 동일 분야라 할지라도 저널간 공동연구가 활발하지 않다는 것을 보여주는 것이다.

<표 6> 연결정도와 매개정도 집중도 (%)

대분류			소분류			
구분	집중도		학술지	구분	집중도	
	연결성	매개성			연결성	매개성
전체	1.801	7.139	JTI	기술경제	2.250	0.173
JTI	2.702	4.135		기술경영	3.531	0.185
KTIS	3.252	8.242		기술정책	9.489	1.003
기술경제	1.666	0.411	KTIS	기술경제	2.273	1.040
기술경영	2.247	0.685		기술경영	4.357	2.191
기술정책	4.478	0.233		기술정책	8.151	0.770

3. 네트워크의 직경

네트워크의 직경은 네트워크를 구성하고 있는 어떤 두 연구자 간의 최단경로의 거리에서 가장 큰 것으로 해당 네트워크의 직경이 구해진다. “6단계의 좁은 세상”⁵⁾ (six degrees of separation)에서는 어떤 두 사람의 최단경로도 6단계 이내라는 상징적 의미로, 네트워크의 접근가능 정도를 나타낸다. 일반적으로 네트워크의 밀도가 높으면, 직경은 짧아지는 경향이 있다. 직경이 짧은 네트워크에서는 직경이 큰 네트워크에 비하여 네트워크에 존재하는 사회적 자원에 보다 쉽게 접근할 수 있다. 만약 직경이 크다면, 연구자를 이전시키거나 신규로 네트워크에 진입시켜 네트워크 구조를 변경시킴으로써 직경을 일정 범위 이내로 조정할 수 있을 것이다. 이는 비구조적인 지식의 창출이 특히 중요한 R&D조직에서 주목해야 할 지표라 판단된다.

〈표 7〉 네트워크의 직경

	직경	평균거리
JTI	7	2.137
KTIS	15	6.397
기술경제	9	3.298
기술경영	11	3.428
기술정책	2	1.427

〈표 7〉에서 보는 바와 같이 KTIS의 직경 및 평균거리가 큰 이유는 131개의 연구자로 연결된 대규모의 컴포넌트가 존재하고 이 컴포넌트에 속해있는 연구자들 간의 연결정도가 낮기 때문이다. 이에 반하여 JTI의 경우 적은 수로 구성된 많은 컴포넌트들이 존재하고, 적은 컴포넌트는 적은 직경을 갖게 된다. 연구분야를 보면 기술경영이 기술경제보다 큰 컴포넌트들을 보유하고 있어 직경과 평균거리가 상대적으로 큰 것으로 판단된다.

5) 1967년 하버드대의 Milgram 교수는 미국에서 미지의 어떤 두 사람의 거리를 측정하고자 하였다. 그 결과 미국인들은 6단계 내에서 모두 아는 사람들로 밝혀졌다. (Milgram, 1967)

4. 대학과 대학외 그룹의 평균 링크의 차이

우리는 연구자의 소속별 네트워크를 분석하였다. 이는 Gibbons(2000)이나 Godin & Gingras(2000)에서 보는 바와 같은 '모드 2 사회론'을 살펴보기 위한 것이다. 이 주장은 대학이 지식창출의 기반이지만 대학 독자적으로 이 역할을 수행하는 것이 아니라 대학 이외의 기타 사회조직과의 공동연구 형태로 지식창출을 주도한다는 것이다. 즉, 기타 사회조직 입장에서는 그만큼 외부와 연계하여 공동연구를 많이 수행한다는 것을 내포하고 있다.

여기서 우리는 공동연구의 정도를 파악하기 위하여 대학을 그룹1 (G1)로 연구소, 정부기관, 기타 회사 등을 통합한 집단을 그룹2 (G2)로 구분하여 연구협력 정도를 링크의 연결정도라는 대리변수를 이용하기로 한다. 먼저 두 그룹 내부 (within group)의 평균 링크 수의 차이에 대한 가설검정과 이어서 두 그룹 간 (between groups) 평균 링크 수의 차이에 대한 가설검정을 한다. 분석대상 네트워크는 학술지 단위로 한다.

1) 그룹간 평균 링크 수 비교

기술혁신관련 연구분야는 새로운 기술, 정책 또는 패러다임을 수용해야 하고, 연구의 성과를 높이기 위해서는 연구자간 공동연구가 중요하다. 또한 클러스터링이나 산학연 등 최근 정부정책은 산학연의 연계 및 협동연구를 적극 장려하였다. 여기서 연구 그룹을 크게 대학 그룹 (G1)과 연구소, 공공기관 등을 포함하는 대학외 그룹 (G2)으로 구분할 때, 각 그룹의 공동연구의 정도는 차이가 있겠는가 하는 질문이 제기된다. 따라서 다음과 같은 귀무가설을 설정하였다.

가설 1. 그룹1과 그룹2의 링크 수는 동일하다.

가설1을 일반적인 T-test로 검정하기 위해서는 각 연구자가 보유하는 링크 수가 다른 연구자의 링크 수와는 독립이라는 전제가 필요하다. 그러나 이 전제는 다른 연구자와의 관계가 네트워크 구조로 인하여 상호 종속적임을 고려할 때, 전통적인 T-test로 검정하는 것은 불가능하다. 따라서 여기서는 UCINET에서 제공되는 시뮬레이션 모듈을 적용하였다. 시뮬레이션의 적용은 JTI와 KTIS 네트워크에서 연구자 별 링크 수 벡터에 연구자의 소속을 임의로 대응하는 방법을 이용하였다. 단, 그룹1과 그룹2의 참여자 비율은 유지하였다. 시뮬레이션은 10,000번을 실행하였다.⁶⁾

⁶⁾ 시뮬레이션을 이용한 통계적 검정에 대한 자세한 내용은 Hanneman et al (2005) 참조.

〈표 8〉 소속집단간 링크 차이 검증 - 대학과 대학외

저널	JTI		KTIS	
	대학(G1)	대학외(G2)	대학(G1)	대학외(G2)
참여저자 수	213	147	212	141
링크 수 평균	0.383	0.351	0.440	0.467
링크 수 표준편차	0.399	0.308	0.353	0.503
통계적 유의성	Mean Difference = 0.033		Mean Difference = -0.027	
	Prob. (G1 > G2) = 0.210		Prob. (G1 > G2) = 0.718	
	Prob. (G2 < G1) = 0.794		Prob. (G1 < G2) = 0.282	
	통계적으로 유의성 없음		통계적으로 유의성 없음	

〈표 8〉에 나타난 결과를 보면 KTIS 연구자 네트워크에서 대학이외의 연구자들의 공동 저작 활동이 가장 활발하게 일어나고 있음을 알 수 있다. 또한 KTIS는 귀무가설의 주장과 달리 대학외 그룹의 링크 수 평균이 약간 높게 나타나고 있다. 그러나 시뮬레이션 결과, $G1 < G2$ 의 대립가설은 관찰된 p 값이 0.282로 5%의 유의수준에서 통계적으로 유의성이 없다. 다시 말해 집단간 평균링크 수는 동일하다는 귀무가설을 기각할 수 없는 것이다. 동일한 해석이 JTI의 경우에도 적용된다. 이의 의미는 그룹 G1과 G2 내부에서 주고받는 링크 수 또는 공동연구의 정도는 통계적으로 차이가 없다는 것이다.

2) 그룹내부 및 그룹간 링크 수 분포

기술혁신 분야는 학제 연구 및 산학연 연구의 성격이 강하여 연구자들이 공동 연구 대상을 모색할 때 그룹에 따른 차별화를 두지 않을 것이다. 즉 연구자들은 자기가 속한 그룹이 그룹1이나 그룹2에 제약을 두지 않고 공동연구를 위하여 링크를 주고받을 것이다. 따라서 다음과 같은 귀무가설을 설정한다.

가설 2. 그룹내부와 그룹간 링크 수의 분포는 차이가 없다.

가설검정 1에서 실시한 것과 동일한 방법으로 소속그룹을 임의로 대응하는 시뮬레이션을 수행한 결과 〈표 9〉와 같은 결과를 얻었다. 표에서의 관측치는 실제로 존재하는 링크 수를 의미한다. 기대치는 링크를 주고받을 때 집단의 고려가 없이 임의로 링크를 교환할 것이라는 가정 하에서 기대되는 링크 분포 (10,000번의 시뮬레이션)의 평균을 말한다.

세 번째 컬럼에 있는 차이(B-A)는 관측치와 기대치의 차이이고, 네 번째 컬럼은 세 번째 컬럼의 반대 확률이다⁷⁾.

JTI와 KTIS의 두 저널에서 그룹내(G1-G1, G2-G2) 링크 수는 관측치가 기대치를 모두 상회하고, 그룹간 (G1-G2)에는 관측치가 기대치에 비하여 현저히 낮다. 즉, JTI와 KTIS 모두 그룹내 링크 수와 그룹간 링크 수가 차이가 없다는 귀무가설은 기각되었다. 그룹내와 그룹간 평균링크 수가 차이가 있는 것이다. 즉, 대학집단은 대학집단 내에서, 대학외집단은 대학외집단 내에서 폐쇄적인 공동연구가 이루어지고 있다할 것이다. 통계적 유의성 측면 이외에 KTIS의 대학외그룹 (G2-G2)의 응집력이 JTI의 대학외그룹에 비해 확률적으로 높게 나타났다. 이는 KTIS에서 대학외 그룹의 참여도가 높고 G2내 자체 공동연구 네트워크가 JTI에 비하여 견고하다는 것을 의미한다.

〈표 9〉 그룹내부 또는 그룹간 링크 수의 분포 검정

	그룹간 링크유형 ¹⁾	기대치(A)	관측치(B)	차이(B-A)	$P \geq \text{차이}^{2)}$	$P \leq \text{차이}^{3)}$
JTI	G1-G1	83.506	104.000	20.494	0.006	0.996
	G1-G2	115.805	85.000	-30.805	1.000	0.000
	G2-G2	39.689	50.000	10.311	0.067	0.953
KTIS	G1-G1	44.482	72.000	27.518	0.000	1.000
	G1-G2	134.718	88.000	-46.718	1.000	0.000
	G2-G2	100.800	120.000	19.200	0.022	0.984

주) 1: G1-G1은 G1 그룹내부 링크 수를, G1-G2는 G1과 G2간의 링크 수를 의미함.

2: 위는 UCINET의 계산결과인데, 2)와 3)의 합이 1을 초과하는 것은 등호(=)가 존재하고 소숫점 4자리에서 반올림하여 발생한 것으로 판단됨.

7) 시뮬레이션에 의한 통계분석에 대한 구체적인 설명은 Hanneman et al (2005)을 참조.

V. 네트워크 속성과 상호인용

이 절에서는 공동연구 네트워크에서 도출되는 구조적 지표들과 동일 연구자들로 구성된 인용네트워크에서 형성되는 속성간의 관계를 규명하고자 한다. 즉, 공동연구 네트워크의 지표들인 구조적 틈새와 클러스터링 계수가 네트워크 구성원 간의 피인용횟수를 설명하는데 얼마나 중요한가를 파악하기 위하여 회귀분석을 실시한다. 피인용횟수는 본 논문에서 고려한 모든 저자들을 대상으로 JTI와 KTIS에 게재된 논문에서 그 저자들이 저술한 논문에 대한 피인용횟수를 이용하였다.

Oh, Choi & Kim (2006)은 연구자의 성과를 다른 연구자로부터의 피인용 횟수라는 변수를 이용하여 구조적 틈새가 통계적으로 유의한 설명력을 보인다고 하였다. 또한 그들은 네트워크 클로저는 피인용 횟수에 영향을 주지 못하는 변수로 결론지은 바 있다. 따라서 우리는 미국을 중심으로 하는 정보시스템 분야와 우리나라의 기술혁신연구 분야의 두 네트워크 구조가 얼마나 유사한 속성을 보이는지를 비교할 수 있을 것이다. 참고로 회귀분석을 위하여 사용되는 변수들의 기본 통계는 <표 10>과 같다.

<표 10> 네트워크 속성과 피인용 횟수 변수의 기본 통계

구 분	JTI	KTIS
저자당 평균 논문수	0.73	0.83
피인용횟수 평균 (표준편차)	0.744 (1.51)	0.95 (3.92)
구조적틈새 (효과적 크기) (표준편차)	1.28 (1.26)	1.53 (1.42)
클러스터링 계수 (표준편차)	0.023 (0.140)	0.036 (0.166)

분석에서 종속변수로 사용되는 각 저자들의 피인용 횟수는 JTI와 KTIS에 게재된 논문을 JTI와 KTIS의 다른 논문들이 인용한 횟수를 의미한다. A라는 논문의 저자가 3명일 때 B 논문에서 A라는 논문을 인용하면, 논문 A의 저자 3명은 피인용 횟수가 각각 1이 되는 방법으로 피인용 횟수를 파악하였다. 또한 독립변수로 사용된 구조적 틈새는 JTI와 KTIS의

각 연구자의 ego 네트워크를 중심으로 계산된 효과적 크기와 클러스터링 계수를 사용하였다. 이를 이용하여 (식 1)과 같은 회귀모형을 설정하였다.

$$\text{피인용횟수} = \text{상수} + \text{구조적틈새} + \text{클러스터링계수} + e \quad \text{--- 식 (1)}$$

〈표 11〉에는 각 지표의 계수와 유의확률, 회귀식의 F값 등이 표시되어 있다.

〈표 11〉 구조적 틈새와 클러스터링 계수의 회귀분석결과

	JTI			KTIS		
	비표준화 계수	t-값	유의확률	비표준화 계수	t-값	유의확률
상수	0.069	0.683	0.495	-1.314	-4.994	0.000
구조적틈새	0.542	9.632	0.000	1.470	11.797	0.000
클러스터링 계수	-0.770	-1.517	0.130	0.335	0.314	0.754
F-값	46.861 p = 0.000			69.669 p = 0.000		
수정된 R ²	0.203			0.281		

〈표 11〉에서 보는 바와 같이, 구조적 틈새는 JTI와 KTIS 모두 양의 계수를 갖고 통계적으로 의미가 있다. 이는 특정 저자가 속해있는 ego 네트워크에서 다른 저자들 간의 관계에서 전략적 위치에 속한 연구자가 그렇지 않은 연구자에 비하여 피인용을 받을 가능성이 높다는 것을 의미한다. 또한 구조적 틈새가 높으면 공동연구 네트워크에서 다른 연구자보다 지식과 정보를 획득하는 데 유리한 입장이기 때문에 연구자의 성과 지표인 피인용횟수에 양의 영향을 미치는 것으로 파악이 된다. 그러나, 클러스터링 계수는 JTI와 KTIS에서 통계적 유의성이 없다.

구조적 틈새는 유효하고 네트워크 클로저가 인용횟수를 설명하는데 통계적으로 유의하지 않다는 결과는 Oh, Choi & Kim (2006)의 정보기술분야 연구의 결과와 동일하다. 그들은 클로저 계수가 음수임을 보여 구조적 틈새와 클러스터링 계수는 역의 관계가 있음을 보였다. 그러나 KTIS에서는 클러스터링 계수가 양수로 나타나 상반된 결과를 보이고 있다.

VI. 결론 및 연구의 제한점

본 연구는 사회네트워크 방법론을 이용하여 연구자들의 속성이 아닌 관계에 집중하여 한국의 기술혁신 분야를 대상으로 구조적 관점에서 분석한 최초의 시도이다. 또한 사회네트워크 이론에서 제기되는 다양한 지표를 탐색적으로 한국의 기술혁신연구에 적용하여 향후 연구의 기초를 마련한 의의가 있다 하겠다. 본 연구의 분석결과를 요약하면 다음과 같다.

JTI와 KTIS의 두 저널에 참여하는 연구자 수가 적어 KTIS와 JTI간의 링크는 매우 희박하게 존재한다. JTI와 KTIS는 논문 수와 참여저자 수에서 거의 동일하나, JTI 네트워크가 링크 수, 고립저자 수, 링크를 단지 한 개만 보유하는 저자 수, 컴포넌트 수가 상대적으로 많아 네트워크 구성원간 응집력이 KTIS보다 낮다. 저자 당 링크 수는 0.79로 연구자간 연계 정도가 매우 낮다. 이는 연구분야의 다양성으로 연구자 간 상호 공통분모를 찾기 힘든 면도 이유가 될 것이다.

연구분야를 기술경제, 기술경영, 기술정책으로 세분한 소규모 네트워크에서의 밀도는 JTI와 KTIS의 대규모 네트워크의 밀도와 거의 차이가 없게 나타났다. 이는 동일 분야의 연구자는 서로 활발한 공동연구를 할 것이라는 예상과 어긋난 결과이다. 연구분야별 평균 링크 수는 기술경영과 기술경제가 유사한 반면, 기술정책은 가장 낮게 나타났다. 기술정책 분야가 정부나 연구기관의 특정 연구자에 집중이 된 것으로 판단된다.

연구자 그룹을 대학 (G1)과 대학외(G2)로 구분하여 그룹내부와 그룹간 평균 링크 수에 대한 가설검정을 실시한 결과, G1과 G2 모두 그룹내에서의 공동연구는 활발하나 그룹간에는 낮은 링크 교환이 있었다. 이는 아직까지 기술혁신연구에서 산학연 협동이 활발하지 않음을 증명하는 것이다.

본 연구와 Oh, Choi & Kim (2006)의 정보기술 관련 연구를 비교하면 다음과 같다. 두 연구 모두 구조적 특성의 중요성을 입증하고 있다. 공동연구 네트워크에서 연구자의 구조적 특성이 피인용 횟수라는 성과지표를 잘 설명하고 있는 것이다. 그러나 다음과 같은 차이점이 발견되었다. 한국의 기술혁신 연구는 네트워크 밀도가 현저히 낮고, 많은 컴포넌트가 존재하여 네트워크의 분절 정도가 심하다. 이는 본 논문은 한국의 기술혁신연구에 국한된 반면, 정보시스템 분야 연구는 미국을 중심으로 하지만 전 세계를 대상으로 하고 있다는 범위와 규모의 차이를 반영한 것이기도 하다. 따라서 체계적인 방법을 통하여 데이터의 여과 작업을 거친 후, 주요 연구자들로 이루어지는 네트워크를 대상으로 하는 심층분석이 향후 연구에서는 필요하다. 일례로 본 논문에서 사용한 데이터는 기간 내의 전 표본을 대상으로 한 반면, Oh et al (2006)의 경우, 피인용 횟수가 적어도 3개 이상인 저자들에 국

한하여 분석하였다. 이들은 상대적으로 활발한 연구활동을 수행하는 집단으로 공동연구와 연구성과가 높아 네트워크 구조에 많은 영향을 주었을 것으로 판단된다.

본 연구에서는 JTI와 KTIS에 게재된 모든 논문을 게재시점에 관계없이 정태적으로 분석하여 기술혁신 공동연구 네트워크를 일반화하기에는 한계점이 있다. 즉, 네트워크 구조의 동태적 분석은 이러한 문제점을 극복하는 향후 중요한 연구가 될 것이다.

참고문헌

- 김용학 (2004), 「사회 연결망 분석」, 박영사.
- 남수현, 박정민, 설성수 (2005), “지식흐름의 계량분석 - 한국의 기술혁신연구를 중심으로”, 「기술혁신학회지」, 8권 특별호, 337-359.
- 설성수, 이종현 (1999), “학제연구의 패턴과 지원정책에 대한 기대분석”, 「기술혁신학회지」, 2(1), 5. 28-43.
- 손동원 (2002), 「사회네트워크 분석」, 경문사.
- 최종인, Alden S. Bean (1999), “우리나라의 기술경영 프로그램: 현황과 과제”, 「기술혁신연구」, 7(2), 37-56.
- Albert, R. and Albert-Laszlo Barabasi(2002), "Statistical Mechanics of Complex Networks", *Review of Modern Physics*, 74(1), 47-97.
- Barabasi, Albert-Laszlo (2002), *Linked - The New Science of Networks*, Perseus Publishing, Cambridge, Massachusetts.
- Butcher, J., and P. Jeffrey (2005), "The Use of Bibliometric Indicators to Explore Industry-Academia Collaboration Trends over Time in the Field of Membrane Use for Water Treatment", *Technovation*, 25(11), 1273-1280.
- Coleman, J. (1988), "Social capital in the creation of human capital", *American Journal of Sociology*, 94, Supplement, S95-S121.
- Gibbons, M.(2000), "Mode 2 Society and the Emergency of Context-sensitive Science", *Science and Public Policy*, 27(3), pp. 159-163.
- Godin, B. and Y. Gingras (2000), “The Place of Universities in the System of Knowledge Production”, *Research Policy* 29(2), 273-278.

- Granovetter, M. (1973), "The Strength of Weak Ties", *American Journal of Sociology*, 78, 1360-1380.
- Hanneman, R, and M. Riddle (2005), "Introduction to Social Network Methods", <http://faculty.ucr.edu/~hanneman/>
- Hicks, D., P. Isard and B. Martin(1996), "A Morphology of Japanese and European Corporate Research Networks", *Research Policy*, 25(3), 359-378.
- Krackhardt, D. and J. Hansen (1993), "Informal Networks: The Company" , *Harvard Business Review*, July-August, 104-111.
- McCain, K. (1990), "Mapping Authors in Intellectual Space: A Technical Overview", *Journal of the American Society for Information Science*, 41(6), 433-443.
- Merino, T., L. do Carmo, and V. Alvarez (2006), "25 Years of Technovation: Characterization and evolution of the journal", *Technovation*, 26(12), 1303-1316
- Milgram, S. (1967), "The Small World Problem", *Physiology Today*, 2, 60-67.
- Oh, W., J. Choi and K. Kim (2006), "Coauthorship Dynamics and Knowledge Capital: The Patterns of Cross-disciplinary Collaboration in Information Systems Research", *Journal of Management Information Systems*, 22(3), 265-292.
- Rogers, J, B. Bozeman and I. Chompalov (2001), "Obstacles and opportunities in the application of network analysis to the evaluation of R&D", *Research Evaluation*, 10(3), 161-172.
- Seol, Sung-Soo and Jung-Min Park (2008, in print), "Knowledge Sources of Innovation Studies in Korea - a Citation Analysis", *Scientometrics*.
- Seol, Sung-Soo and Su Hyeon Namn (2006), "Innovation Studies in Korea: Origins, Branches and Activities", *Proceedings of the 1st China-Korea Conference on Innovation Studies*, pp. 3-14, Suites Hotel, Jeju, November 2-5, 11.
- Watts, D. and S. Strogatz (1998) "Collective dynamics of 'small-world' networks", *Nature*, 393(6684), 440-442
- White, H. and K. MaCain (1998), "Visualizing a Discipline: An Author Co-Citation Analysis of Information Science, 1972-1995", *Journal of the American Society for Information Science*, 49(4), 327-355.

남수현

뉴저지 럿거스 대학에서 경영학 박사학위를 취득하고 현재 한남대학교 경영정보학과 교수로 재직 중이다. 관심분야는 네트워크 기반 지식추출, 지식경영, 사회네트워크 등이다.

설성수

고려대학교에서 “정보기술혁신의 경제성분석 - 우리나라 5대 상업은행을 중심으로” 라는 제목으로 1988년 12월 박사학위를 취득하고 현재 한남대 경제학과의 교수로 근무 중이다. 주요 연구 분야는 기술혁신, 가치평가, 지식활동분류 등이다.