

# 연구소기업 네트워크의 ERGM 분석 연구: 대덕연구개발특구를 중심으로

구장원\*, 임재빈\*\*

충남대학교 대학원 국가정책학과 박사과정 수료\*, 충남대학교 국가정책대학원 교수\*\*

## A Study on the ERGM on Innopolis Start-ups Networks: Focusing on Daedeok Innopolis

Jang-Won Koo\*, Jae-Bin Lim\*\*

Doctoral candidate, Department of National Public Policy, Chungnam National University\*  
Professor, Graduate School of National Public Policy, Chungnam National University\*\*

**요약** 본 연구는 대전 지역에 위치한 연구소기업과 전국에 있는 연구소기업 고객사 간의 사회적 네트워크 구조 특성을 동종 기술 간 지역적 군집화 경향으로 모형화했고, ERGM(Exponential Random Graph Model) 분석 모형 대비 관측값이 95% 신뢰구간 내 포함되었다. 기업 모두 대전 유성구에 위치한 경우, 다른 행정구역에 속한 경우보다 연결 확률이 약 13배 높았을 뿐만 아니라 동종 기술을 가진 기업 간에는 구색성 및 동질성 값이 부의 값(0.1904)으로 활발한 연결 경향을 보였으며, 특히 6대 기술 중 '환경·에너지기술(ET)' 기업 간에 P값이 0.035로 가장 유의하였다. 유성구에 속하지 않은 기업 사이에는 음의 값(-0.0035)을 보이고, 군집 경향도 적었다. 이를 통해 대덕연구개발특구가 입지한 대전광역시 유성구가 혁신클러스터의 중심지 역할을 형성하고 있음을 확인할 수 있었다.

**주제어** 지역 군집, 지역 동질성, 네트워크 분석, 연구소기업, 혁신클러스터, 지수족 확률 그래프 모형(ERGM)

**Abstract** This study modelled the social network structure characteristics between Innopolis Start-ups located in Daejeon and Innopolis Start-ups' customers scattered across the country as a tendency of regional clustering among homogeneous technologies, and the observed values were included within the 95% confidence interval of the ERGM(Exponential Random Graph Model) analysis model. If both the research institute and the customer company are located in Yuseong-gu, Daejeon, the probability of being connected is about 13 times higher than if they are located in other administrative districts, and there is a strong tendency of connection between firms with the same technology with a negative value of assortment and homogeneity (0.1904), especially among the six technology sectors, with a P value of 0.035. There was a negative value (-0.0035) among firms not located in Yuseong-gu, with less clustering tendency. This confirms that Yuseong-gu, Daejeon, where the Daedeok Innopolis is located, is forming the centre of an innovation cluster.

\* Innopolis Start-ups : INNOPOLIS Research-based Spin-off Companies

**Key Words** Regional clusters, Regional homogeneity, Network analysis, Innopolis Start-ups, Innovation clusters, ERGM(Exponential Random Graph Model)

Received 15 Apr 2024, Revised 23 Apr 2024

Accepted 25 Apr 2024

Corresponding Author: Jae-Bin Lim  
(Chungnam National University)

Email: jb.lim@cnu.ac.kr

ISSN: 2466-1139(Print)

ISSN: 2714-013X(Online)

© Industrial Promotion Institute. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

대덕연구개발특구는 국내 첫 연구개발특구이자, 지난 반세기 동안 정부출연연구기관 및 대학교 등 공공부문의 연구 성과를 사업화로 촉진하는 등 과학기술 혁신을 이끌어 온 주역으로 그 중심에는 연구개발특구만의 고유 제도인 연구소기업 육성과 산·학·연 혁신주체 간 활발한 네트워킹으로 개방형 혁신(Open Innovation)을 지향해 다양한 신기술과 이중 산업 간의 융·복합 등을 통한 기술창업과 성과 확산을 촉진시키는 정부의 혁신클러스터 육성정책이 지역혁신과 국가 경쟁력을 증대시키는데 큰 몫을 차지했다고 생각한다.

2006년부터 시행해 오고 있는 연구소기업 육성정책은 2016년 제3차 특구육성종합계획의 광역특구별 특화 육성계획에 따라 특화분야 맞춤형 연구소기업 설립에 주력하고 있다[16].

연구소기업은 대학교 및 정부 등 공공출연연구기관의 기술과 자본을 출자 받아 신설하거나, 기존의 기업이 연구소기업으로 요건을 갖춰 공공의 원천기술을 바탕으로 사업화를 추진하는 연구중심 기업을 말한다. 특구법 상 연구소기업의 공통점은 연구개발특구 내에 소재해야 하며[2], 모태기술은 정보통신(IT), 생명공학(BT), 나노기술(NT), 환경·에너지(ET), 우주항공(ST), 문화(CT) 등 6대 기술(technology) 분야(이하 '6T')로 크게 분류하여 특구의 관리기관인 연구개발특구진흥재단에서 성장을 지원하고 있다[15].

스콧(Scott, 2004), 포터(Porter, 1998), 김영수 등(2012)은 산업이 특정 지역에 집적화되면, 생산요소에 대한 접근성 향상과 규모의 경제를 통한 비용 절감 등으로 지역 전체에 경제적 편익이 발생할 수 있고, 단순한 집적화 효과를 뛰어넘어 가치사슬체계를 중심으로 다양한 네트워크 활동을 통해 협력하고 상호의존성을 키워나갈 때 지역의 산업생태계가 활성화될 수 있다고 제시했고[5,11,39,41], 이러한 관점에서 연구소기업의 네트워크 구조 특성을 파악해 중심성을 갖춘 핵심 연구소기업을 육성하거나, 거리가 활발한 판매처 유치 등 상호호혜적인 연계 체계를 구축하는 것이 필요할 것이다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 지역혁신체계

Cookem 등(1997)의 연구에서 제시한 지역혁신체계는 지역 내의 다양한 개인, 기업, 정부기관 등 다양한 혁신주체들이 상호작용하며 혁신을 창출하고 지식을 공유한다는 이론으로 지역개발 및 혁신에 대한 연구가 1980년대 활발해짐에 따라 형성되기 시작했다[25].

1990년대 Michael Porter의 클러스터(Cluster) 이론이 등장하면서, 지역 경쟁력 확보와 혁신의 관계성에 대해 관심이 높아지게 되었고, 2000년대 이후에 다양한 학자들이 지역 내 혁신 생태계와 네트워크의 역할에 대해 연구하고 이론을 발전시켜나오게 되었다[39]. 특히, Etzkowitz와 Loet Leydesdorff는 '트리플 헬릭스 모델'을 통해 산학연 협력의 중요성을 주장하였는데, 대학은 새로운 아이디어 발굴과 혁신적인 기술과 지식을 연구하고 개발하며, 산업계는 이러한 연구결과를 기술사업화하고 제품이나 서비스로 변환하여 시장에 출시하는 등의 역할을 수행하고[30], 끝으로 정부는 혁신을 지원하고 촉진하기 위해 정책을 수립하고 자금 지원 역할로 혁신 생태계의 건전성과 지속성을 유지하는데 중요한 역할을 한다고 하였다[45]. 이 모델은 각 이해관계자 간의 상호작용과 협력을 강화하여 혁신 생태계를 발전시키고 경제 발전을 촉진하는데 중요한 도구로 사용되고 있다.

산학연 등의 혁신 주체는 공간을 기반으로 입지해있으며, 지역적 특성과 사회·문화·경제적 구조 요인 등에 따라 달라질 수 있기 때문에 그간의 네트워크 연구에서 다른 노드와 노드 간의 연결 통계지표 측정에서 벗어나 공간 기반의 네트워크 구조 분석 실증 연구를 통해 지역산업과 지역연계의 중요성까지 살펴볼 필요가 있을 것이다[5].

### 2.2 사회네트워크 이론

사회네트워크 이론은 다음과 같은 전제조건으로 인해 회귀분석보다 사람과 사람, 기업과 기업 등 노드 간 연결선상의 관계성을 파악하는 데 적합한 이론이다.

사회네트워크 이론의 근간에는 노드끼리는 상호호혜성(Reciprocity)이 존재하고, 사회적 주체는 일방적인 관계보다는 서로 주고받는 관계를 맺는 성향이 존재

한다는 것이다[44].

상호호혜성은 사회적 신뢰수준을 측정하는 척도로 간주되기도 한다. 즉, 상호호혜적 성향이 높은 집단은 네트워크 구성원들 간의 사회적 신뢰수준이 높다고 추정할 수 있는 것이다[24].

둘째, Granovetter(1973)는 네트워크 내에서 관계가 전이되는 추이성(Transitivity)을 설명하였다. A가 B와 관련이 있고, B가 다시 C와 관련되어 있다면, A와 C 사이에도 관련성이 있는지를 나타내는 것이다. 이러한 추이성 현상을 바탕으로 사회네트워크는 확장해 나간다고 하였다[28].

끝으로 사회적 관계에서 동종선호(Homophily) 현상이다. 동종선호란 사회적 관계에서 개인이 자신과 유사한 특징을 갖는 타인과 호감을 갖고, 관계를 맺고자 하는 성향을 의미한다[38].

이상과 같이 사회 네트워크에서는 각 주체들 간의 관계를 종합적인 구조 영향요인이 성립하기 때문에 비독립적인 것으로 보고 있다.

김혜림·문태현(2022)은 네트워크 분석의 분석지표를 연결중심성(Degree centrality), 매개중심성(Betweenness centrality), 근접중심성(Closeness centrality) 등으로 목적에 따라 중심성 지표를 달리해 측정하였다[6].

Freeman(1979)은 다른 노드들과 연결되어 있는 링크의 합으로 산출되는 연결중심성은 관계 활동량을 반영하며, 연결중심성이 높은 행위자는 다른 행위자들과 직접적인 관계를 맺고 있으므로, 원하는 정보를 획득할 확률이 높고, 네트워크 내에서 영향력이 크다고 설명하였으며[1, 27], 산정방식은 식 (1)과 같다[5, 19].

$$C_D p_k = \sum_{i=1}^n d(p_k, p_i)$$

$$d(p_k, p_i) = \begin{cases} 1, & \text{노드 } p_k \text{와 } p_i \text{ 연결 있으면} \\ 0, & \text{그렇지 않으면} \end{cases} \quad (1)$$

한 노드가 다른 노드들 사이에 위치하는 정도를 의미하는 매개중심성은 Burt(1992)의 구조적 공백(Structure Hole) 이론으로 설명하고 있고, 네트워크 내에서 두 개의 이웃 집단 사이에 연결이 없는 지점을 구조적 공백이라 하는데, 이 공백은 정보의 흐름이나 자원의 전달을 방해하거나 제한할 수 있다.

구조적 공백에 위치한 기업은 매개중심성이 높은 노드로, 이들에 의해 네트워크 상 분리된 집단 간 아이디어나 자원의 원활한 공유가 가능해진다. 일반적으로 노드  $v$ 의 매개중심성( $C_B(v)$ )은 식 (2)와 같다[5, 23].

$$C_B(v) = \sum_{i \neq v} \sum_{j \neq v, i} \frac{g_{ij}}{g_{ij}}, v = 1, \dots, n$$

$g_{ij}$ : 노드  $i$ 에서  $j$ 로 가는 최단경로 수  
 $g_{ijv}$ : 노드  $i$ 에서  $j$ 로 가는 최단경로 중  $v$ 를 거치는 경로 수

(2)

근접중심성은 한 노드가 네트워크의 다른 모든 노드들과 근접하는 정도를 의미한다[20]. 이는 해당 노드와 다른 모든 노드 간 평균 최단거리의 역수로 정의된다[7]. 근접중심성을 기업 네트워크에 빗대어 연결중심성과 구분하여 설명하면, 네트워크 내 기업들은 상황에 따라 직접적인 연결 관계를 맺고 있는 기업으로부터 도움을 받지 못하는 경우가 있는데, 이 경우 근접중심성이 높은 기업은 직접적인 연결 기업으로부터 다른 기업을 추천받아 해결책을 모색할 수 있다[29]. 일반적으로  $n$ 개의 노드로 구성된 네트워크에서 노드  $i$ 의 근접중심성( $C_c(i)$ )은 식 (3)과 같다[5, 21, 22].

$$C_c(i) = \frac{n-1}{\sum_{j \neq i} d(i, j)}, i = 1, \dots, n \quad (3)$$

### 2.3 선행연구 및 연구차별성

최근에는 사회네트워크 분석과 정책과정이론, 지역 혁신체계 등을 통합하여 지역발전 및 혁신 정책을 이해하는 연구가 활발하게 이뤄지고 있으나, 과거정통부가 연구개발특구에서 육성하고 있는 연구소기업 정책에 대한 혁신주체 간 지리적 네트워크 구조 특성 및 정책의 효과성에 대한 실증연구는 미진한 상황이다.

서행아, 이선제(2019)는 연구소기업의 설립과 관련된 모태기관과의 협력 네트워크는 외부기관과는 달리 연구소기업의 양적 성과보다는 질적 성과에 긍정적인 영향을 미치고, 외부기관과의 협력 네트워크는 연구소기업의 질적 성과보다는 양적 성과에 긍정적 영향을 미친 것으로 확인하였다[13].

특구별 설정된 특화분야의 적절성을 알아본 연구에서는 부산특구를 제외한 모든 특구에서 특화분야 연구

소기업보다 비특화 분야 연구소기업의 성과 효율성이 높은 것으로 나타났고, 이에 대한 원인으로 현재의 특구육성사업 체계에서는 특구별 특화분야 육성을 위한 지원이 부족한 상황을 꼽았다[16]. 따라서 연구소기업의 지리적 네트워크 구조 특성을 파악해 각 특구별 맞춤형 연구소기업 육성정책 수립이 더욱 긴요한 상황이다.

기업 간 거래 네트워크를 이용한 광주 에너지산업의 생태계 특성 및 국내 도시별 거래 특성을 분석한 연구에서는 전통적인 제조업 중심의 네트워크가 아닌 서비스업 등 다양한 산업과의 거래관계가 형성되고 있어 에너지산업의 주요 기술을 가지고 있는 기업 간 연계 중요성을 밝혔고[20], 이를 통해 연구소기업의 주요 기술별 네트워크 구조가 다를 것이라는 가설을 세워 볼 수 있다.

국내 도시별 거래 네트워크 특성을 분석한 연구 결과에서는 대전과 인접한 세종지역은 공기기업들이 많이 분포되어 있기 때문에 지역 외에는 기업들과 구매거래 대비 판매거래가 많이 이뤄지고 있으나, 대전과 광주지역은 특별한 특징이 없음에도 불구하고 지역 내에 있는 구매거래 대비 판매거래가 많이 이뤄지고 있음에 대전과 광주지역은 지역 외에 있는 기업들과의 판매거래 관계를 많이 형성할 필요가 있을 것을 실험을 통해 확인하였다[17]. 그 밖에 사회네트워크 분석을 활용한 대전 정보통신산업 네트워크 연구 결과에서는 소프트웨어(98)와 위성·전파(86) 분야가 양대축을 이루며 네트워크의 허브인 한국과학기술원이 대전 정보통신산업 분야에서 핵심 기관으로의 역할 수행과 산업과의 연계 정도도 상대적으로 가장 활발하다고 밝혔다[14]. 또한, 연구소기업 제도를 운영하고, 육성정책을 집행하는 연구개발특구진흥재단 박후근(2020)은 정책집행기관의 시계열 분석을 통해 연구소기업 제도가 시행된 2006년부터 2013년까지는 정책집행기관은 규범적이고 형식적으로 정책에 순응하는 모습을 보였기 때문에 그 결과 연구소기업의 설립이 연 평균 5.8개로 미흡한 수준이었으나, 2014년 이후 정책집행기관의 태도가 내적 인식의 변화를 동반하는 적극적이고 주도적인 정책집행 수용의 모습으로 연 평균 140.8개가 설립되었다고 연구소기업 설립 정책의 활성화 요인을 분석하였다[10].

대덕연구개발특구에 소재한 연구소기업은 공간적으로는 첨단산업이 집적화된 대전광역시 유성구(49.7km<sup>2</sup>, 대덕 I~V지구) 지역과 기계 등 전통 제조업이 입

지한 대덕구(3.2km<sup>2</sup>, 대덕Ⅲ지구)로 확연히 구분되어 있어 연구소기업의 태동과 뿌리내림 등 네트워크 양태가 서로 다를 것으로 추정할 수도 있겠지만[18], 네트워크 구조 특징이나 형성요인 등을 파악할 수 있는 실증연구는 초기 창업기업 특성인 관계로 데이터 확보에 어려움이 있어 전무한 상황이며, 물리적 입지 특성은 대다수 6,600~9,900m<sup>2</sup> 단위로 공급하는 산업단지과 연구개발특구 등의 혁신클러스터 내 연구 및 산업용지를 확보해 안정적인 성장을 도모할 수 있는 형태로 입주를 못하고, 주로 대학교·출연연구기관·지원기관 등에서 운영하는 창업보육센터나 사업화센터 및 민간에서 분양하는 지식산업센터 등의 건물에 입차형태로 입주하고 있는 실정임에도 이에 대한 정책적 시사점을 도출할 수 있는 물리적 공간 기반의 연구소기업 네트워크 연구는 더욱 긴요한 상황이다. 이에 본 연구에서는 지리적, 경제적, 사회·문화적, 산업 및 연구생태계 특성을 종합적으로 살펴볼 수 있는 사회네트워크 분석을 통해 연구소기업과 연구소기업의 판매처 간의 입지와 네트워크 특성에 대한 이론적 고찰을 토대로 6T기술 구분 중 동종 기술이나 업종, 지역적 동질성 등에 따라 네트워크의 연결 정도나 군집경향이 달라질 것이라는 연구모형을 설정하여 이를 검증하고자 하였다.

### 3. 연구의 방법 및 절차

#### 3.1 분석 개요

2024년 현재 기업의 외부 감사대상 기준은 ▲자산 120억 원 이상 ▲부채 70억 원 이상 ▲매출액 100억 원 이상 ▲종업원 100명 이상 중 2개 이상 해당하는 경우나(외부감사법 제4조 및 제5조)[3], 연구소기업의 경우는 외부감사 미대상인 중·소규모 기업이 대부분이라 네트워크 시각화 및 통계분석을 위한 판매처 등 기초자료를 확보하는 데 어려움이 있었고, 연구소기업 중 해외매출치는 경미해 분석대상은 국내 연구소기업의 판매처로 한정하였다.

2023년 6월부터 2024년 1월까지 대전지역 연구소기업 총 257개사를 대상으로 크레딧과 NICE 기업신용정보 조회 및 이메일 회신 등을 통해 판매처를 기재한 대전시 유성구 소재 연구소기업 125개사와 전국 93개 행정구역에 흩어져 입지한 연구소기업 판매처 375개

사의 주소, KSIC업종코드, 6T기술 구분 등의 데이터 셋을 구성하였고, 연구소기업과 연구소기업 판매처 간 네트워크 파악을 위해 엣지(edge) 데이터는 binary 네트워크로 노드(node) 간 엣지가 있을 경우 1, 그렇지 않은 경우는 0으로 표시하여 인접행렬(adjacency matrix)을 구축하였다[5]. 그 결과 노드는 500개, 엣지(연결)는 397개이다.

대전지역에 입지한 연구소기업과 전국 단위의 연구소기업 판매처를 대상으로 네트워크 소프트웨어인 Gephi, NetMiner와 지리정보시스템 QGIS를 활용해 네트워크 시각화 후 통계 프로그램 R에서 네트워크 구조 특성을 설명할 수 있는 적정 모형을 찾기 위해 ERGM (Exponential Random Graph Model)으로 신뢰도와 타당도를 검증했다.

끝으로 분석 결과를 바탕으로 연구소기업의 네트워크 구조 특성 및 정책적 함의를 도출하고자 한다.

### 3.2 ERGM 분석기법

ERGM은 네트워크 현상의 기저에 자리잡은 사회적 역학을 모형화하는 작업으로 구조요인과 노드 속성과 같은 설명변수를 투입하여 네트워크 인접행렬을 도출하는 과정이다[8]. 실제 네트워크를 잘 설명할 수 있는 구조요인 변수를 모형에 투입하고, 시뮬레이션 결과를 기반으로 가설을 수정하여 계수값과 적합도를 산출하는 과정을 반복함으로써 최선의 값을 추정해내는 것이 모형화의 목표라고 할 수 있다[37, 40, 42].

Holland·Leinhardt(1981)는 두 행위자 간의 독립성을 가정한 사회 네트워크에 대한 로그 선형 모형을 최초로 제안하였다[31]. 이후 Frank·Strauss(1986)는 Markov Random Graph Model을 도입해 공간적 상호작용을 통해 인접한 지역 간의 관계를 일반화했고, Markov의 공간통계 모형은 P\* 모형이라 명명했으며, 공간패턴의 변화를 예측하는 데 도움을 주고 있다[26, 32, 33, 34, 37].

Snijders(2006)와 Hunter·Handcock(2006)는 Markov Chain Monte Carlo Maximum Likelihood 기법을 이용하여 네트워크를 모형화할 것을 제안하였으며[9, 32], 이후 이 모델에 관계의 분포, 이행성 등 다양한 관계의 의존성(tie dependency)에 대한 가정을 추가했다[42].

Lusher·Koskinen·Robins(2013)는 ERGM의 사회 네트워크 구조 분석의 기본 전제조건으로 지리적 위치, 지역 사회의 문화, 역사, 경제적 요인 영향은 지역적으로(locally) 발현되고, 자기 조직적(self-organizing)이기도 하지만 노드의 속성과 다른 외부 요인들에 의해 영향을 받는다고 하였다[38]. 또한, ERGM 모형은 노드의 속성, 링크의 속성, 노드 양자 간 속성뿐만 아니라 구조적 속성까지 설명변수로 포함시킬 수 있으며, 하나의 구성 동인이 다른 구성 동인에 영향을 미칠 수 있는 네트워크 데이터의 특성에 적합한 모형이라 할 수 있다[8].

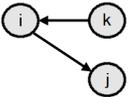
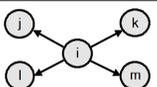
ERGM 식은 아래와 같다[40]. 이때, A는 모든 구조 구성요인(configuration)의 합,  $\eta_A$ 는 특정 구조구성요인 A의 파라미터,  $g_A(y) = \prod_{y_{ij} \in A} y_{ij}$  해당 구조구성요인 A가 관찰된 경우의 네트워크 통계량, k는 표준화를 위한 상수값을 의미한다[5, 9].

$$\Pr(Y = y) = \left(\frac{1}{k}\right) \exp \sum_A \eta_A g_A(y) \tag{4}$$

ERGM 측정은 몬테카를로 마르코프 체인(Markov chain Monte Carlo)의 시뮬레이션 알고리즘으로 근사치의 자료를 생성하게 되고, 이 무작위의 자료가 유의성을 확보하기 위해 2,000번의 반복 측정을 수행하고, t 값을 통해 측정된 파라미터의 유의성을 확인한다[12]. t 값은 몬테카를로 시뮬레이션을 통해 도출된 파라미터 계수값들의 편차값의 평균을 표준편차로 나눈 값이다. 즉, 이 값은 0에 가까울수록 결과가 우수하다고 평가할 수 있다[5].

본 연구에서는 ERGM 모형에 대한 계수의 추정은

〈Table 1〉 ERGM structure factors

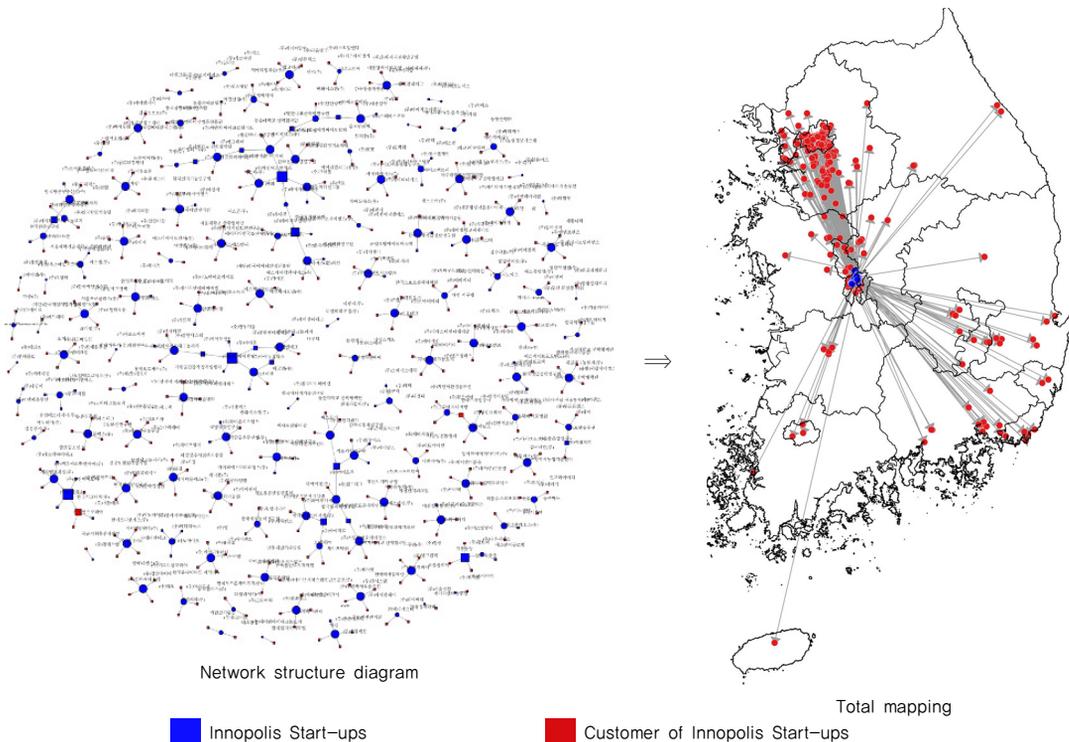
Statistics	Process	Diagram
Edges	i supplies j	
Two-path	k supplies i, i supplies j	
Odegree4	i has supplies multiple seller	

〈Table 2〉 Company descriptive statistics

Rank	Location regions	Type (number of companies)	Location regions	6T(number of companies)
1	Daejeon, Yuseong-gu	Innopolis Start-ups(125)	Daejeon Yuseong-gu	IT(72)
2	Daejeon, Yuseong-gu	Customer of Innopolis Start-ups(72)	Daejeon Yuseong-gu	etc.(70)
3	Gyeonggido, Seongnam-si	Customer of Innopolis Start-ups(23)	Daejeon Yuseong-gu	BT(33)
4	Seoul, Seocho-gu	Customer of Innopolis Start-ups(16)	Daejeon Yuseong-gu	NT(11)
5	Seoul, Gangnam-gu	Customer of Innopolis Start-ups(15)	Daejeon Yuseong-gu	ET(10)
6	Daejeon, Seo-gu	Customer of Innopolis Start-ups(13)	GyeonggidoSungnam	etc.(10)
	Seoul, Jung-gu	Customer of Innopolis Start-ups(13)	GyeonggidoYongin	etc.(10)
7	Gyeonggido, Hwaseong-si	Customer of Innopolis Start-ups(12)	Gyeonggido Hwaseong-si	etc.(9)
8	Gyeonggido, Yongin-si	Customer of Innopolis Start-ups(11)	GyeonggidoSungnam-si	IT(8)
9	Seoul, Geumcheon-gu	Customer of Innopolis Start-ups(9)	Daejeon Seo-gu	etc.(8)

R의 papaja 패키지에 포함된 MCMC-MLE (Markov Chain Monte Carlo Maximum Likelihood) 방법을 사용했고[32-34], Edges, Two-path, Odegree4를 네트워크 구조요인 설명변수로 투입하여 시뮬레이션 하였다(Table 1).

양자 간 변수는 연구소기업 및 판매처 간 속성의 유사성(Homophily)으로 모형에 사용한 노드 속성은 6T, 대전유성구, 대전 유성구 외 지역이다. 이상 3가지의 노드 속성은 명목척도로 ERGM 패키지의 nodematch 항목을 사용하여 6T기술 구분에 따른 균일 동종과 차



〈Fig. 1〉 Network between Innopolis Start-ups in Daedeok Innopolis and Customer of Innopolis Start-ups nationwide\*

등 동종을 산출하였다[8].

## 4. 분석결과

### 4.1 연구소기업 및 판매처 분석대상 개요

대전 유성구 대덕연구개발특구에 입지한 연구소기업 125개사와 국내 연구소기업 판매처 375개사를 합친 총 500개사 분석 대상 중 입지 지역별 기업유형 및 6T기술구분에 따른 10개 시·구 단위 지역 순위 결과는 다음과 같다(Table 2).

### 4.2 네트워크 시각화 및 통계분석

대덕특구 연구소기업과 국내 연구소기업 판매처 간의 주소지 기반 네트워크 시각화는 결과는 <Fig. 1>, <Fig. 2>와 같다.

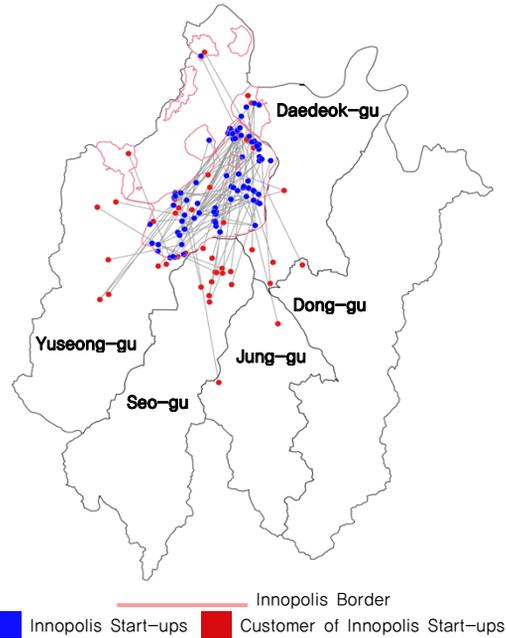
연구소기업은 대전 유성구 대덕특구를 중심으로 입지해있으나, 연구소기업의 고객사 즉, 판매처는 전국 각지에 산재해 있다. 특히 수도권 지역에 집중되어 있으며, 전체적인 네트워크 구조면에서는 유기적인 연결보다는 분절 형태를 보이며, 독립적인 거래망 형태를 띠고 있다(Fig. 1).

연구소기업은 출연연구기관이 다수 집중해 있는 대덕특구 제 I 지구(기존 대덕연구단지) 일원과 첨단 제조시설이 밀집해 있는 대덕특구 제III지구(대덕테크노밸리)안에 군집을 형성하면서 인근 대전 서구와 유성구 소재 고객사와의 거래 네트워크를 형성하고 있다 <Fig. 2>.

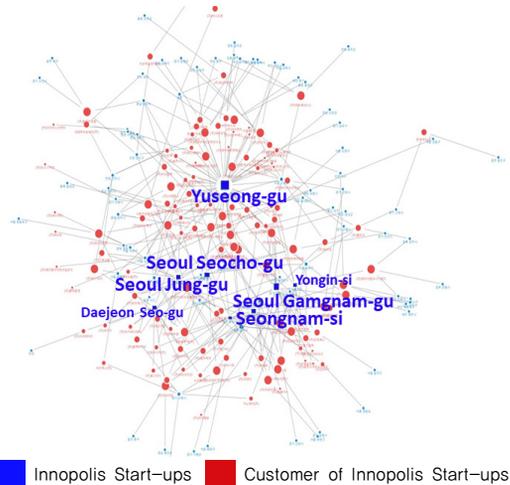
전국단위 지역별 군집화는 대전 유성구(39.4%) > 경기 성남시(4.6%) > 서울 서초구(3.2%) > 서울 강남구(3.0%) > 서울 중구·대전 서구(2.6%) 등의 순으로 <Fig. 3>과 같다.

대전지역 연구소기업 및 연구소기업 판매처 간의 전체적인 네트워크 구조 추정을 위해 <Table 3>과 같이 통계량을 산출하였고, 전체적인 네트워크 크기는 네트워크를 구성하는 노드 수와 엣지 수로 나타내며, 기업 간 연결정도를 보기 위해 밀도(Density) 계산을 하였다.

기업 간 서로 주고받는 관계성 여부 판단을 위한 상호호혜성(Reciprocity) 결과값은 0이고, 네트워크 집중도는 0.0148로 산정되었다(Table 3).



<Fig. 2> Daejeon area Innopolis Start-ups and Customer of Innopolis Start-ups mapping



<Fig. 3> Network clustering visualisation

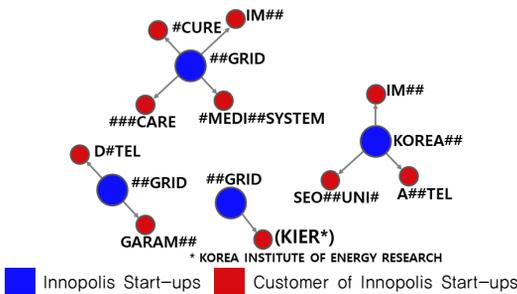
대덕연구개발특구에 소재한 연구소기업과 전국에 있는 연구소기업 판매처 간의 네트워크 크기는 노드 500개, 엣지 397개이며, 밀도는 0.0015이다. 네트워크 평균 거리는 방향성을 고려 시 2.4361, 방향성을 고려할 경우 3.4564이다.

네트워크 통계량 결과를 종합하면 연구소기업과 연구소기업 판매처 간 상호작용은 비대칭적이고, 평균 연결 거리는 짧으며, 상호호혜성 0은 i에서 j로의 연결이 있더라도 j에서 i로의 연결이 없는 상태를 의미하는 것으로 거래 네트워크 내에서 양방향 흐름이 존재하지 않음을 나타낸다.

〈Table 3〉 Network statistics

Statistics	Value
Size	500 / 397
Density	0.0015
Mean distance	3.4564 / 2.4361
Reciprocity	0
Centralization	0.0148

또한, 네트워크 집중도가 높은 것으로 보아 연구소기업과 연구소기업 판매처 간의 네트워크는 대다수 〈Fig. 4〉와 같이 1~4개소의 판매처와 연결된 분절 형태임을 알 수 있다.



〈Fig. 4〉 Common network types

해당 노드로 들어오고 나가는 엣지수의 합계를 〈Table 4〉에 구한 결과 공동 1순위는 「한국전자통신연구원(ETRI), (주)##바이오텍, (주)##준», 2순위는 한국기계연구원(KIMM)을 포함한 7개사가 4개의 엣지와 연결되어 있으며, 가장 긴 네트워크 연결을 보이는 〈Fig. 6〉 경로와 대전지역 연구소기업의 판매처 중 이웃노드와의 연결 중심성(Degree Centrality) 상위 4개 기관 중 한국전자통신연구원(ETRI)과 한국기계연구원(KIMM)이 공통으로 포함된 것을 보면 자금출자와 기술이전을 통한 공공기술의 성과 확산과 매출액

발생에 공공출연연구기관이 네트워크 중심 역할을 하고 있는 것으로 판단된다(Table 5).

〈Table 4〉 Number of edge connections (1~10)

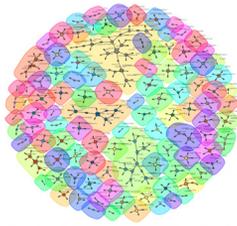
Rank	Company	In degree	Out degree	All degree
1	ETRI	5	0	5
2	##BioTech	1	4	5
3	###Jun	1	4	5
4	KIMM	4	0	4
5	Wel###	1	3	4
6	Las###	0	4	4
7	##Pro###s	0	4	4
8	##table	0	4	4
9	Air#####	0	4	4
10	En#####	0	4	4

〈Table 5〉 Degree Centrality Ranking for Customer of Innopolis Start-ups

Rank	Company	Degree Centrality
1	Korea Institute of Machinery & Materials (KIMM)	0.046154
2	Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI)	0.038462
3	Korea Research Institute of Standards and Science (KRISS)	0.030770
4	Korea Institute of Ocean Science & Technology (KIOST) Institute for Basic Science (IBS)	0.023077

KSIC 업종코드 구분에 따른 네트워크 결과는 J58222(9.0%), J58221(8.6%), C26299(4.0%), M70129(3.2%) 등 다양하게 세분화되어 있어 통계적으로 유의한 군집성을 발견하지 못하였다.

R에서 igraph 패키지를 활용한 각 노드의 6T 기술 구분에 따른 각 엣지와 두 노드간의 유사도를 구색성 및 동질성(Assortativity and homophily) 값으로 계산하고, 네트워크를 시각화한 결과 6T기술 구분에 따라 동종기술 기업끼리 군집화 경향을 〈Fig. 5〉와 같이 확인할 수 있었다.

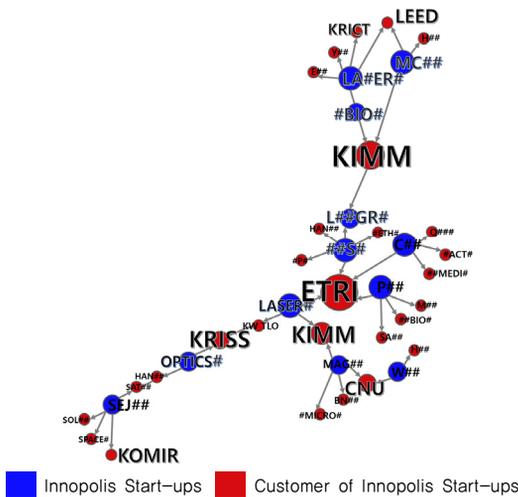


\* Represent clusters of homogeneous technologies in the same colour

〈Fig. 5〉 Network assortment visualisation\*

수치적으로도 동종기술 기업 간 부의 값(0.1904)을 유성구에 속하지 않은 동종기술 기업 간은 음의 값(-0.0035)을 보여 시각화 결과와 일치하였다. 한국표준산업분류코드(KSIC) 기준 동종 업종끼리는 부의 값(0.0460)을 보여 6T업종 및 산업업종 구분 모두에서 동일한 성질을 가진 노드끼리 협력할 가능성이 높았다.

또한, 평균 5.105 경로 단계를 거치는 가장 긴 연결 네트워크에서 연관 산업 노드는 크게 인공위성, 발사체 등 우주산업 관련 중·대기업(SAT##, HAN##)과 출연연구기관 간의 엣지와 바이오 및 정보통신 융합기업들이 강원도 원주시 소재 한국광물자원공사(KOMIR)로부터 경기도 화성시 소재 (주)리드(LEED)까지 한국 전자통신연구원(ETRI), 한국기계연구원(KIMM), 한국표준과학연구원(KRISS), 한국화학연구원(KRICT) 등의 정부출연연구기관을 중심으로 연구소기업의 판



〈Fig. 6〉 Longest connecting network path

매치 협력 네트워크를 밀접하게 구성하고 있음을 확인하였다(Fig. 6).

〈Table 6〉 Node centrality

Statistics	Value
Degree centralization	0.003425
Betweenness centralization	0.000024
Closeness centralization	Not a Number

〈Table 6〉에서 보는 바와 같이 전체 네트워크 내 노드의 연결중심화(Degree centralization) 값은 0.003425로 주요 판매처와 수평적인 거래관계가 미미하게 형성되어 있을 뿐, 대부분은 판매처와 수직적이며, 독립적인 판매망을 형성하고 있어 특정 연구소 기업으로의 네트워크 쓸림이 있지는 않으나, 연구소 기업 판매처에서는 상위에 위치하는 고객사가 모두 정부 출연연구기관으로 연구소기업에 대한 기술이전이나 자본지원, 연구자의 이동 등 네트워크 쓸림 현상과 연구소기업의 공공 출연연구기관에 대한 매출 의존성을 확인하였다〈Table 5〉.

매개 연결중심화(Betweenness centralization) 값은 수치가 매우 작아 특정한 노드의 매개 역할 가능성은 적을 것으로 예상되며, 대전지역 연구소기업이 모두 판매처와 거래를 하고 있지는 않기 때문에 전체 노드 간의 근접 연결중심화(Closeness centralization) 값은 계산할 수 없었다.

### 4.3 ERGM 분석

ERGM 모형의 계수 추정 결과는 〈Table 7〉과 같다. 먼저 구조요인 변수의 계수 추정 결과부터 살펴보면 Edges는 -8.3881( $p < 0.001$ )의 계수는 노드 간 연결의 가능성이 무작위보다 적다는 것을 의미하고, Twopath -1.9200 ( $p < 0.001$ )은 한 노드에서 다른 노드로 두 단계를 거쳐 연결되는 가능성이 낮다는 것을 의미한다.

outdegree4는 3.2789( $p < 0.001$ )로 네트워크 내에서 노드가 다른 네 노드의 연결 출발점을 가질 확률이 높음을 나타낸다. 다음으로 양자 간 변수의 계수 추정 결과를 살펴보면 노드와 6T 간(nodefactor, X6T)에는 환경·에너지(ET)에 속한 노드들이 네트워크 내에서 더

〈Table 7〉 ERGM estimate

Variables	Estimate	Pr(> z )
Edges	-8.3881	<0.001***
Twopath	-1.9200	<0.001***
outdegree4	3.2789	<0.001***
nodefactor.X6T.ET	0.4506	0.035*
nodematch.X6T	0.6039	<0.001***
nodematch.행정구역2.대전 유성구	2.6278	<0.001***
nodematch.행정구역	-2.5665	<0.001***

\* $p < 0.05$ , \*\*\* $p < 0.001$

자주 나타날 가능성이 높고, 'nodefactor.X6T'에서는 계수가 0.6039로 동종 6T 속성을 가진 노드들 사이의 연결 가능성이 높다는 것을 의미한다. 'nodematch. 행정구역 2. 대전유성구' 및 'nodematch. 행정구역'에서는 '대전 유성구'에 속한 노드들끼리 높은 긍정적 계수 (2.62788)를 가지며, 오즈 비율(Odds Ratio) 산정식 (5)[43]에 계산 시 13.84439로 '대전 유성구'에 속한 노드 간 연결 확률이 약 13배 높고, 대전 유성구 외 다른 행정구역에 속한 노드들 간의 연결 가능성은 낮다는

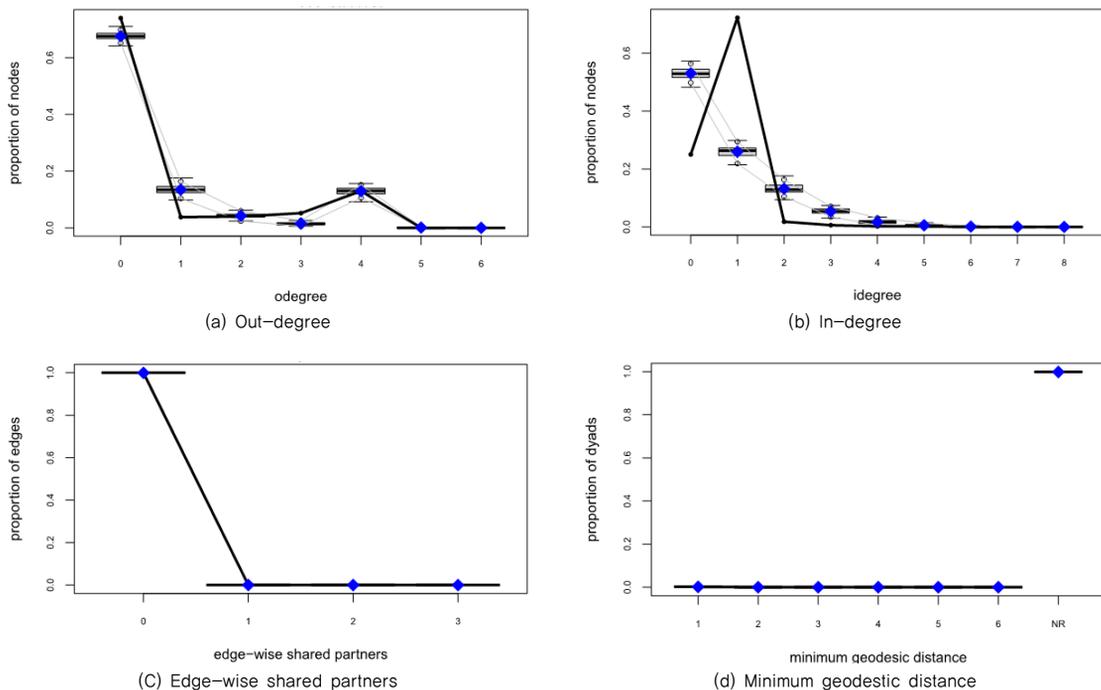
것을 나타낸다.

$$oddsratio = \exp(\beta) = e^\beta \quad (5)$$

ERGM의 모형 가설 검증을 위한 적합성 여부 확인은 적합도 지수와 적합도 검사 그래프를 검토하여 판단한다. 적합도 지수는 모형의 적합도와 복잡성 사이의 균형을 고려하여 모형을 선택하는 AIC(Akaike Information Criterion) 값과 모형의 복잡성에 더 큰 패널티를 부여하여 더 단순한 모형을 선호하는 BIC(Bayesian Information Criterion) 값을 사용하는데, 잔차(Residual) 개념을 이용해 모형의 적합도를 측정하는 것이다. 잔차란 실제 데이터와 모형이 예측한 값 사이의 차이를 말하므로 둘 다 값이 작을수록 모형의 적합도는 높다고 판단한다[32-34].

본 연구에서 구축된 모형의 AIC값은 4905, BIC값은 5031로 계산되었다.

모형의 적합도 검사는 Node, Edge, Dyad 세 가지 수준에서 진행했으며, 각 항목에 대한 log-odd 값이 그래프로 구현된다. 적합도 검사 결과 모형 대비 관측



〈Fig. 7〉 Results of Regression Analysis

값이 95% 신뢰구간 내 포함되었고, AIC와 BIC값이 모두 낮게 나와 추정된 모형이 실제 연구소기업 네트워크를 잘 구현하는 모형이라고 판단된다. Node 수준에서는 Out-degree(외향 연결), In-degree(내향 연결)의 분포, Edge 수준에서는 Edge-wise shared partners(연결된 두 개의 기업이 공유하고 있는 기업 수)의 분포, Dyad 수준에서는 Minimum geodesic distance(연결된 두 개의 기업 간 몇 번의 노드를 건너 연결되어지는 기준, 최단 거리) 분포를 확인할 수 있다 (Fig. 7).

## 5. 결론

본 연구에서는 대전지역 연구소기업의 거래 네트워크 중 연구소기업에 지적재산권 출자 등 지분 참여를 통해 모태가 되는 구매처 즉, 정부출연연구기관 및 대학교 등과의 관계가 아닌, 판매처와의 관계성을 사회네트워크통계모형(ERGM)을 활용하여 분석했다. 연구소기업은 모두 대전 유성구에 소재하고 있지만, 연구소기업의 판매처는 전국 93개 행정구역에 분포하고 있어 연구소기업과 판매처와의 관계가 지역혁신체계 이론에 근거한 지역적 동질성을 갖췄는지를 검증하였으며 연구 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 대덕특구 연구소기업과 국내 연구소기업 판매처 간의 주소지 기반 네트워크 시각화 결과 지역별 군집화는 대전 유성구(39.4%) > 경기 성남시(4.6%) > 서울 서초구(3.2%) > 서울 강남구(3.0%) > 서울 중구·대전 서구(2.6%) 등의 순으로 나타났으며, 대덕특구가 입지한 대전 유성구와 수도권으로 확연히 구분되는 ‘지역적 군집화’ 특성을 확인하였다.

둘째, 노드 간 행정구역이 모두 대전 유성구에 속할 경우 다른 지역에 속한 노드보다 연결 확률이 약 13배 높았으며, 이는 대전 유성구에 속한 연구소기업과 판매처들이 네트워크 내에서 상대적으로 더 많은 연결을 가질 가능성이 높다는 것을 반증한다.

셋째, 노드 간 서로 주고받는 관계성 여부 판단을 위한 상호호혜성(Reciprocity) 결과값은 0으로 연구소기업과 연구소기업 판매처 간 상호작용은 비대칭적이고, 평균 연결 거리는 짧아 연구소기업과 연구소기업 판매처 간의 네트워크는 대다수 분절된 형태나, 각

각의 분절된 군집 내 노드들은 상호 거래를 통해 결집되어 있음을 알 수 있다.

넷째, 6T 기술구분에서 연구소기업과 판매처가 서로 동종기술일 경우 구색성 및 동질성(Assortativity and homophily)은 부의 값을 가지므로 연결이 활발한 경향을 보였고, 유성구에 속하지 않은 노드끼리는 음의 값을 보여 유성구 내에 있는 기업들보다 네트워크가 적다는 것을 알 수 있었다.

특히, ET에 속한 기업들끼리 ERGM에서 군집 경향을 보인 것은 최근 2차전지를 비롯한 환경·에너지기업 성장 및 ESG경영 확산 영향으로 보여진다. 또한, 창업보육센터와 지식산업센터에 입주하려면 배출물질 유무 등에 대한 환경인증 요구로 인한 환경·에너지기술(ET)과의 거래도 영향을 미쳤을 것으로 판단하고 있다.

대전지역 연구소기업의 한정된 표본 및 판매처 정보는 신용등급 평가서 자율기재 사항에 따라 각 연구소기업당 1~4개소만 등재하고 있어 면밀한 거래 네트워크 분석에는 원시자료의 한계를 가지고 있으나, 본 연구는 대전 유성구 내에 있는 연구소기업 및 전국에 흩어져 있는 연구소기업의 판매처 간 네트워크 분석 결과 대덕연구개발특구가 입지한 대전 유성구가 혁신클러스터의 중심지 역할을 하고 있으며, 연구소기업의 판매처는 전국 단위이지만, 임재빈(2020)의 연구 결과와 같이 정부 출연연구기관 등이 연구소기업의 판매처로써 최고 근접 중심성을 보이고, 옛시수에서도 상위에 해당되어 과학기술거점인 대덕특구 I 지구와 연구소기업의 뿌리내림이 지역혁신체제를 구성하고 있다고 볼 수 있다[18]. 또한, 대덕연구개발특구 제 I 지구에 있는 정부출연연구기관이 연구소기업의 설립 시 기술이전이나 설립 자본금을 출자한 책임이 연구소기업의 육성 성장을 위한 매출처 역할까지 자연스럽게 인접에서 이어지고 있어 이를 뒷받침할 사후관리 및 인센티브 지원정책 마련이 필요할 것이다.

연구개발특구라는 유형적 혁신클러스터 공간은 산학연관 등의 혁신주체가 상호작용을 통해 연구성과물이 실증과 사업화 과정을 거쳐 시장에서 상용화될 수 있는 상품과 기술을 만들어내는 과정의 집결지라 할 수 있다. 이러한 집결지인 연구개발특구에서 연구소기업은 공공출연연구기관의 연구성과물을 상품화하는데 첨병으로 연구소기업의 역할 정립을 위한 네트워

크 특성 분석이 꼭 필요하다고 생각된다.

본 연구를 통해 연구소기업이 입지한 대전 유성구 대덕연구개발특구에서 더 많은 연결과 동종 기술 간 군집을 형성할 가능성이 있음을 시사한데 의의를 두며, 연구소기업의 네트워크 특성을 반영한 물리적 연구소기업 입지 정책 수립은 후속 연구에서 추진할 계획이다.

## 참고문헌

[1] 강아름, 오중산, 정동일, 이원희, “글로벌 완성차업체의 중국 현지 공급네트워크 분석: 거래관계 네트워크와 연결강도 네트워크의 비교”, *경영학연구*, 45(1): 105-131, 2019.

[2] 과학기술정보통신부, “연구개발특구의 육성에 관한 특별법”, 2024.

[3] 금융위원회, “주식회사 등의 외부감사에 관한 법률”, 2024.

[4] 김영수, 박재근, 정은미, “산업융합시대의 지역산업생태계 육성방안”, *산업연구원*, 2012.

[5] 김혜림, “경남 미래형자동차부품산업의 네트워크 공간구조 및 형성요인 분석”, *경상국립대학교 석사학위논문*, 2023.

[6] 김혜림, 문태현, “경남 미래형자동차부품산업 네트워크 분석”, *국토계획*, 57(4): 82-93, 2022.

[7] 김홍석, 이태림, “한국인의 주요 질병에 대한 연령별 네트워크 분석”, *한국보건정보통계학회*, 38(1): 66-80, 2013.

[8] 박철순, “자동차 산업 공급 네트워크의 상류와 하류 구성 동인의 비교: ERGM을 활용한 탐색적 연구”, *한국생산관리학회지*, 35(1): 21-42, 2024.

[9] 박현희, “ERGM을 이용한 네트워크 데이터 분석 및 구조 파라미터 계수의 해석”. *현대사회와 행정*, 29(1): 35-61, 2019.

[10] 박후근, “연구소기업 설립 정책의 활성화 요인 분석: 정책집행주체의 태도 중심으로”, *기술혁신학회지*, 23(4): 723-745, 2020.

[11] 변잡성, 유창호, “광주 에너지산업의 생태계 분석”, *지역개발연구*, 53(1): 167-200, 2021.

[12] 서인석, 윤병섭, 조일형, “국회입법과정에서 공동발의 네트워크의 구조와 존속: 성폭력방지법안에 대한 구조

변수와 ERGM의 적용”, *한국행정연구*, 23(1): 65-90, 2014.

[13] 서행아, 이선제, “연구소기업의 기업을 지향성, 네트워크 협력과 경영성과 간의 관계”, *혁신클러스터연구*, 10(1): 15-38, 2019.

[14] 송미경, 이만형, “사회네트워크분석을 활용한 대전 정보통신산업 네트워크 구조적·공간적 특성과 시스템 사고를 통한 정책적 함의”, *한국시스템다이나믹스연구*, 12(2): 69-94, 2011.

[15] 연구개발특구진흥재단 “연구소기업 소개”, <https://www.innopolis.or.kr/board?menuID=MENU00312&siteID=null> (최종접속일 : 2024.03.30.)

[16] 원동설, 원민재, 염태민, “자료포락분석(DEA)을 이용한 연구개발특구별 특화분야 적정성 분석: 연구소 기업 경영성과를 중심으로”, *혁신클러스터연구*, 13(3): 53-71, 2023.

[17] 이동훈, 마진희, 안영효, 김관호, “기업 간 거래 네트워크를 이용한 도시별 거래 특성 및 비교 분석”, *한국전자거래학회지*, 28(1): 1-13, 2023.

[18] 임재빈, “연구개발특구와 지역 산업의 입지 관계에 관한 연구: 대전광역시 공장입지를 중심으로”, *국토계획*, 55(2): 73-90, 2020.

[19] 전희주, “소셜 네트워크분석을 활용한 통계학회 논문집과 응용통계연구 공저자 네트워크 비교”, *한국데이터정보과학회지*, 26(2): 335-346, 2015.

[20] 정보권, 이학연, “국내 산업공학 공동연구 네트워크 분석”, *대한산업공학회지*, 40(6): 618-627, 2014.

[21] 허명희, “R을 활용한 사회네트워크분석 입문”. *자우이카데미*, 2012.

[22] 홍장표, 정재현, “기업의 연결망 특성이 생산성에 미치는 영향”, *산업혁신연구*, 32(1), 1-29, 2016.

[23] Burt, R., “Structural Holes. Cambridge”, MA: Harvard University Press, 1992.

[24] Coleman, J. S., “Social capital in the creation of human capital”, *American journal of sociology*, 94, S95-S120, 1988.

[25] Cookem, P., Gomez Uranga, M., Etxebarria, G., “Regional innovation systems: Institutional and organisational dimensions”, *Research Policy* 26: 475-491, 1997.

[26] Frank, Ove, Strauss, David, “Markov Graphs”,

- Journal of the American Statistical Association, 81 (395): 832–842, 1986.
- [27] Freeman, C., “Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan, London”, Pinter Publishers, 1987.
- [28] Granovetter, M., “The strength of weak ties”, *American Journal of Sociology*, 78(6): 1360–1380, 1973.
- [29] Gualati, R. and Gargiulo, M., “Where Do Inter-organizational Networks Come From?”, *American Journal of Sociology*, 104(5): 1439–1493, 1999.
- [30] Henry Etzkowitz, and Loet Leydesdorff, “The Dynamics of Innovation: from National Systems and ‘Mode 2’ to a Triple Helix of University–Industry–Government Relations”, *Research Policy* 29: 109–123, 2000.
- [31] Holland, P.W., and Leinhardt, S., “An Exponential Family of Probability Distributions for Directed Graphs”, *Journal of American Statistical Association*, 76(373): 33–65, 1981.
- [32] Hunter, D.R., and Handcock, M.S., “Inference in curved exponential family models for networks”, *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 15(3): 562–583, 2006.
- [33] Hunter, D.R., Goodreau, S.M., and Handcock, M.S., “Goodness of Fit of Social Network Models”, *Journal of American Statistical Association*, 103 (484): 248–258, 2008.
- [34] Hunter, D.R., Handcock, M.S., Butts, C.T., Goodreau, S.M., and Morris, M., “ERGM: A Package to Fit, Simulate and Diagnose Exponential-Family Models for Networks”, *Journal of Statistical Software*, 24(3): 29, 2008.
- [35] KRIVET, “A Study on the Performance Analysis of Small Businesses’ Learning Organization Support Project”, 2007.
- [36] Lusher, D., Koskinen, J., and Robins, G., “Exponential Random Graph Models for Social Networks”, Cambridge University Press, 2013.
- [37] Markov chain, “Definition of Markov chain in US English by Oxford Dictionaries”, Oxford Dictionaries, English. Retrieved 2024-03-12.
- [38] McPherson, J. M., and Smith-Lovin, L., “Homophily in voluntary organizations—status distance and the composition of face-to-face groups”, *American Sociological Review*, 52(3): 370–379, 1987.
- [39] Porter, Michael E., “Clusters and the new economics of competition”, *Harvard Business Review*, 1998.
- [40] Robins, G., P. Pattison, Y. Kalish, and D. Lusher., “An introduction to exponential random graph(p\*) models for social network”, *Social Networks*, 29: 173–191, 2007.
- [41] Scott A. J., “A perspective of economic geography”, *Journal of Economic Geography*, 4(5), 479–499, 2004.
- [42] Snijders, T. A. B., and P. E. Pattison, G. L. Robins, and M. S. Handcock, “New specifications for exponential random graph models”, *Sociological Methodology*, 99–153, 2006.
- [43] Wang H, Chow SC, Li G., “On sample size calculation based on odds ratio in clinical trials”, *Journal of Biopharmaceutical Statistics*, 12(4): 471–483, 2002.
- [44] Wasserman, S., and Faust, K., “Social Network Analysis: Methods and Applications”, Cambridge University Press, 1994.
- [45] Zhou, Xiao, Huang, Minghao, Chun, Dongphil, Hyun, Min, “A Study of the Innovation Ecology of China’s Semiconductor Industry Based on the Triple Helix Model”, *Journal of Global and Area Studies*, 7(2) 113–133, 2023.

구 장 원 (Koo, Jang-Won)



- 2017년 2월~현재: 연구개발특구진 흥재단 선임연구원
- 2023년 2월: 충남대학교 대학원 국가 정책학과 도시·환경정책전공 박사과정 수료
- 2002년 2월~2017년 1월 : 한화그룹, 대림산업 등 차장
- 관심분야: 지역혁신, B2B네트워크
- E-mail: buildk1@innopolis.or.kr

임 재 빈 (Lim, Jae-Bin)



- 2020년 9월~현재: 충남대학교 국가 정책대학원 조교수
- 2013년 8월: 서울대학교 건설환경공학부 공학박사
- 2014년 1월~2020년 8월: LH 토지주택연구원 수석연구원
- 관심분야: 공간빅데이터 기반 도시·환경-지역계획 융합, 후기체제이론 등
- E-mail: jb.lim@cnu.ac.kr