

사회 네트워크 분석을 이용한 대학 자체학술지원 프로그램 성과 평가

최승일*

*공주대학교 산업시스템공학과
e-mail:sichoi@kongju.ac.kr

Evaluation of university funding research program via social network analysis

Seung-il Choi*

*Dept of Industrial & Systems Engineering, Kongju National University

요 약

전통적인 프로그램 성과 평가 방법에서 간과되었던 사회 네트워크 분석을 프로그램 성과 평가에 활용할 수 있도록 평가 모형을 정립하고 이를 대학 자체학술지원 프로그램에 적용하여 네트워크 관점에서 성과를 측정한다. 네트워크 관점에서의 성과 목표를 연결정도의 향상으로 설정한 후, 자체학술지원 프로그램의 지원을 받은 연구자들의 연결정도 향상이 통계적으로 유의미한 차이를 나타내고 있음을 보인다.

1. 서론

공공 연구개발 프로그램에 대한 평가는 정부 및 공공연구기관에서 중요한 관심사로 다양한 평가 기법들을 적용해 왔다. 미국의 국가측정표준기관인 NIST에서는 ATP(Advanced Technology Program)의 평가 연구들로부터 일관된 평가 Framework을 도출하여 "A Toolkit for Evaluating Public R&D Investment"를 책으로 발간하였다[10]. 이 책에서는 10년간 45개 평가 연구들에서 적용한 81개 평가 기법에 대해 분석하였는데, 사회 네트워크 분석(Social Network Analysis: SNA)은 적용 빈도가 매우 낮았다. 사회 네트워크 분석은 기존의 공공 연구개발 프로그램 이해관계자들에게 매우 생소한 방법으로 파급효과를 경제적인 수치로 나타내고자 하는 경우에는 사회 네트워크 분석으로 주어지는 결과가 만족스럽지 못 할 수도 있다.

국내에서는 한국산업기술평가원에서 2006년 발간한 전략기획보고서 "공공 R&D투자 효과 평가 연구방법론 조사·분석"에서 사회 네트워크 분석 방법을 소개하고 있다[5]. 연구방법론을 실제로 적용한 보고서들을 분석한 결과는 공공 R&D투자 효과 분석에 소수의 연구방법론들만이 사용되고 있고, 2~3개 방법론들이 순차적으로 적용되는 방법론의 다각화·복합화의 양상을 보이고 있다. 국내에서도 설문조사, 계량서지분석, 사례분석, 비용편익분석, 계량경제 분

석 등의 소수의 연구방법론들만이 사용되어, 사회 네트워크 분석이 확산되지 않은 것을 알 수 있다.

본 논문에서는 전통적인 프로그램 성과 평가 방법에서 간과되었던 사회 네트워크 분석 방법을 프로그램 성과 평가에 활용할 수 있도록 평가 모형을 정립하고 이를 대학의 자체학술지원 프로그램에 적용하여 네트워크 관점에서의 성과를 측정한다. 사회 네트워크 분석은 과학자와 기술자들의 영향력 범위, 연구 결과로 밝혀진 지식의 전파 경로, 공동 연구의 성공 가능성, 프로그램으로 인한 인적 자본의 개발과 확산 등을 이해하는 데 매우 중요한 것으로, 프로그램을 어떻게 구성하여 평가하고 파급시킬 것인가를 용이하게 분석할 수 있게 한다[3,6,7,8].

2. 대학 자체 학술지원 프로그램 성과 평가

2.1. 연구대상 및 데이터

교수의 연구풍토 조성 과 연구의욕 고취, 학문연구 활동 진흥과 연구수준 향상, 대학발전 및 행정발전을 위한 정책연구 지원을 목적으로 하는 공주대학교 자체학술지원 프로그램에 사회 네트워크 분석을 적용한다. 대학 자체학술지원 프로그램에는 학술연구, 단기해외연수, 연구서적 발간, 정책연구, 행정발전연구 등이 있는데, 학술연구 부문에 초점을 맞추어 자체학술지원 프로그램 이전과 이후의 변화를 측정한다. 매년 1학기에 지원이 이루어지는 일반연구비와

2학기에 지원이 이루어지는 자유공모과제 연구비의 성과에도 차이가 있는지 살펴본다. 노드는 2010년 1월 1일을 기준으로 공주대학교에 재직하고 있는 교수 534명을 대상으로 하였으며, 링크는 천안공과대학과의 통합이 이루어진 2005년 1월 1일부터 2009년 12월 31일까지 발표된 KCI급 이상의 논문들 중 공주대 교수들이 2인 이상 공동으로 참여한 462편을 대상으로 구성하였다. 논문에 공저자로 참여한 경우 링크를 부여하는데 제1저자 여부에 대한 자료가 정확하지 않아, 가능한 모든 공저자 조합에 동일한 가중치를 부여한다. 예를 들어 연구 대상 논문 462편 중 공주대 교수들이 공저자로 참여한 최대 인원은 10명인데, 이 경우 가능한 공저자 조합은 $45=C(10,2)$ 개로 각각의 링크에 $1/45$ 의 가중치를 부여한다. 이러한 방법으로 462편의 논문들로 부터 886개의 링크를 구성하였다.

2.2. 네트워크 분석

사회 네트워크 분석의 주요 지표와 방법[1,2,4,9]을 적용한 결과는 다음과 같다.

2.2.1 연결구조 탐색

공주대 연구 네트워크는 534개의 노드와 886개의 링크로 구성되는데, 이 중 고립된 노드는 277개로 절반 정도가 공주대 교수들과 공동으로 논문을 발표한 경우가 없는 것으로 나타났다. 이 경우 단독으로 논문을 주로 발표하거나 타 대학이나 연구기관과 공동연구를 진행하는 경향이 있었다. 고립된 노드를 제외한 컴포넌트의 수는 34개로 가장 큰 컴포넌트는 139개의 노드로 이루어진다.

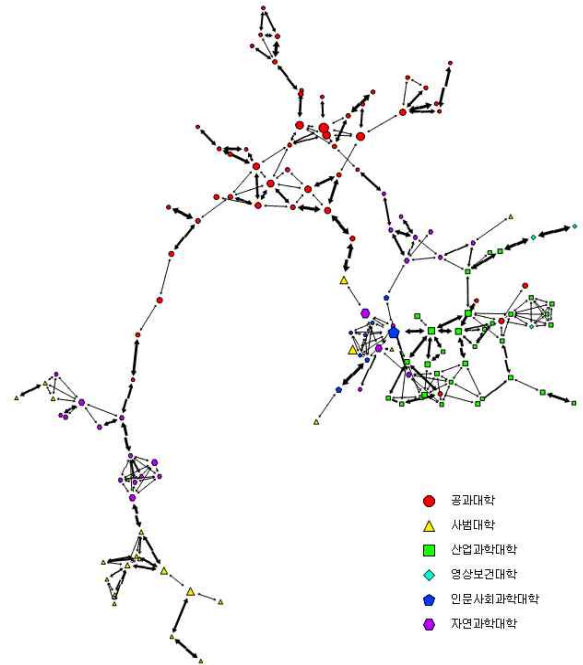
[그림 1]은 139개의 노드로 구성된 가장 큰 컴포넌트를 보여주는데, 단과대학별로 인접한 위치에 있는 것을 확인할 수 있다. 전체 네트워크 밀도는 0.001이며 단과대학별 네트워크 밀도는 [표 1]과 같다.

[표 1] 단과대학별 네트워크 밀도

구분	노드수	네트워크 밀도	연결노드 비율
공과대학	181	0.006	56.4%
사범대학	119	0.004	31.1%
산업과학대학	59	0.01	62.7%
영상보건대학	43	0.011	46.5%
인문사회과학대학	76	0.004	23.7%
자연과학대학	56	0.01	55.4%

전체 노드에서 고립노드를 제외한 연결노드 비율을

살펴보면 산업과학대학, 공과대학, 자연과학대학의 순으로 나타나는데, 이를 통해 영상보건대학, 사범대학, 인문사회과학대학에 비해 공동연구가 활발하다는 것을 알 수 있다. 또한 네트워크 밀도는 영상보건대학, 자연과학대학, 산업과학대학의 순으로 나타나는데, 이는 노드수가 작아 높은 응집력을 보이고 있음을 알 수 있다.

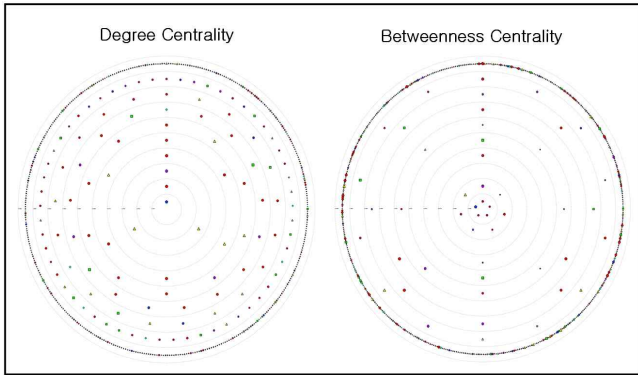


[그림 1] 공주대학교 연구 네트워크

2.2.2 중심성 탐색

한 행위자가 얼마나 많은 다른 행위자들과 연결되어 있는가에 기초한 연결중심성(degree centrality)을 살펴보면 평균이 0.001, 표준편차 0.003, 최대값 0.019이며, 연결중심화 지수(degree centralization index)는 1.742%로 나타난다. [그림 2]의 왼쪽 그림은 연결중심성을 동심원으로 표현한 것으로 가운데에 연결중심성의 최대값 0.019를 가지는 노드 N422가 존재한다. 한 행위자가 다른 행위자들 사이의 통로가 되는가를 재는 노드 매개중심성(betweenness centrality)을 살펴보면 평균이 0.001, 표준편차 0.004, 최대값 0.025이며, 매개중심화 지수(betweenness centralization index)는 0.024%로 나타난다. 모든 노드의 매개중심성이 같으면 매개중심화 지수는 0이 되며, 별 모양(star graph)의 중심에 있는 노드가 존재하면 매개중심화 지수는 1이 된다. [그림 2]의 오른쪽 그림은 매개중심성을 동심원으로 표현한 것으로 가운데에 매개중심성이 0.023이상이

되는 노드 N098, N348, N397, N412, N422들이 존재한다.



[그림 2] 연결중심성과 매개중심성

2.2.3 소속집단 탐색

전체 연결망 내에서 국지적으로 응집된 결점들의 관계구조를 파악하는 소속집단 탐색에는 컴포넌트(component), 바이컴포넌트(bi-component), 결속집단(clique), n-결속집단(n-clique), n-클랜(n-clan), k-코어(k-core), 커뮤니티(community), 람다셋(lambda set) 등의 지표가 있다. 컴포넌트 분석을 하면 다음과 같이 고립된 노드 277개를 제외한 컴포넌트의 수는 34개이고 가장 큰 컴포넌트는 139개의 노드로 이루어지는 것을 알 수 있다.

[표 2] 컴포넌트 분석

컴포넌트 규모	컴포넌트 수
139	1
12	1
8	1
6	3
5	3
4	3
3	9
2	13
합계	34

2.2.4 등위성 탐색 및 네트워크 직경

연결망 내에서 관계패턴의 유사성을 파악하는 지표와 관련된 등위성 탐색에서는 구조적 등위성(structural), 역할 등위성(role), 정규적 등위성(regular) 등의 지표가 있는데, 프로그램의 성과 평가에는 유용성이 높지 않다. 네트워크 직경은 네트워크를 구성하고 있는 어떤 두 연구자 간의 최단경로 거리(geodesic distance)에서 가장 큰 것으로 정의된다. 139개의 노드로 구성되는 가장 큰 컴포넌트의 네트워크 직경을 구하면 26이고, 최단경로 거리의 평균값은 9.684, 표준편차는 5.662로 나타난다.

2.3 프로그램 성과 평가

공주대학교 자체학술지원 프로그램의 네트워크 관점에서의 성과 목표를 연결정도(degree) 향상으로 설정하고, 자체학술지원 프로그램의 지원을 받은 연구자들의 연결정도 향상이 통계적으로 유의미한 차이를 나타내는지 살펴보고자 한다. 2005년 공주대학교 자체학술지원 프로그램 학술연구 부분의 지원을 받은 38명을 상반기 자체학술(2005.05.01~2006.04.30) 지원대상인 19명, 하반기 자체학술(2005.11.01~2006.10.31) 지원대상인 14명, 인문사회과학분야(2005.12.01~2006.11.30) 지원대상인 5명으로 구분하여 연결정도의 평균값의 변화를 [표 3]에 정리하였다.

[표 3] 연결정도 평균값 변화

구분	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년
전체 (534명)	0.1	0.114	0.158	0.216	0.176
미지원 (496명)	0.101	0.113	0.159	0.224	0.182
상반기 (19명)	0.105	0.062	0.007	0	0.072
하반기 (14명)	0.071	0.183	0.282	0.266	0.142
인문 (5명)	0.067	0.236	0.267	0.133	0.133

[표 3]을 살펴보면 단과대학별로 교수수를 기준으로 배정되는 일반연구비 성격의 상반기 자체학술지원 프로그램은 자유공모로 선정되는 하반기 자체학술 및 인문사회과학분야 지원 프로그램에 비해 네트워크 관점에서의 성과가 많이 떨어진다. 상반기 자체학술지원 프로그램을 제외하면 자체학술지원 프로그램의 성과가 선정 이후 2년 정도 지속되는 것을 관찰할 수 있다. 일원분산분석(one-way ANOVA)을 적용하기 위해 미지원 대상과 상반기 자체학술 지원 대상을 하나의 그룹(Group 1)으로 설정하고 하반기 자체학술과 인문사회과학 지원 대상을 또 하나의 그룹(Group 2)으로 설정한 후 종속변수는 연결 정도 증가분으로 한다. 두 그룹간의 연결 정도 증가분 차이가 없다는 가설을 검정하기 위한 일원분산분석의 p-value는 [표 4]와 같다. 2006년과 2007년에는 가설이 틀렸다고 결론을 내리기에는 부족하지만 p-value가 상당히 작아지는 것을 확인할 수 있다.

[표 4] 일원분산분석

구분	2006년	2007년	2008년	2009년
p-value	0.194	0.135	0.725	0.958

일원분산분석과 다른 접근방법으로 사회 네트워크 분석 소프트웨어 UCINET에서는 순열(permutation)을 이용한 시물레이션을 통해 Group 1과 Group 2의 연결 정도 증가분의 차이가 없다는 가설을 검정할 수 있다. 시물레이션은 20,000번을 시행하여 [표 5]를 얻는다. 2006년과 2007년에 연결 정도의 증가분 평균이 Group 2에서 Group 1 보다 각각 0.116, 0.156 크게 나타나는데, 이러한 정도의 차이가 발생할 확률은 시물레이션을 통해 0.086, 0.074로 나타나고 있다. 단측 검정에서 통계적 유의수준을 5%로 하면 가설을 기각하기에 부족하지만, 10%의 유의수준에서는 Group 2의 연결 정도 증가분이 Group 1의 연결 정도 증가분 보다 크다고 할 수 있다.

[표 5] 시물레이션을 이용한 가설검정

구분	2006년		2007년		2008년		2009년	
	G1	G2	G1	G2	G1	G2	G1	G2
평균	0.010	0.127	0.052	0.208	0.115	0.161	0.076	0.070
표준 편차	0.383	0.359	0.437	0.585	0.571	0.370	0.557	0.467
가설 검정	P(G1>G2) =0.914		P(G1>G2) =0.926		P(G1>G2) =0.672		P(G1>G2) =0.514	
	P(G1<G2) =0.086		P(G1<G2) =0.074		P(G1<G2) =0.328		P(G1<G2) =0.486	

3. 결론

전통적인 프로그램 성과 평가 방법에서 간과되었던 사회 네트워크 분석을 프로그램 성과 평가에 활용할 수 있도록 평가 모형을 정립하고 이를 대학 자체학술지원 프로그램에 적용하여 네트워크 관점에서의 성과를 측정하였다. 연구개발 프로그램 이해관계자들이 이해하기 쉬운 사회 네트워크 분석을 이용한 평가 모형을 만들고 사례연구를 통해 이를 확산시킴으로써, 그동안 경제적 효과를 입증하기 어려웠던 공공 연구개발 프로그램의 재원 확보에 필요한 근거를 마련할 수 있을 것으로 기대된다.

본 논문에서는 공주대학교 자체학술지원 프로그램의 네트워크 관점에서의 성과 목표를 연결정도의 향상으로 설정한 후, 자체학술지원 프로그램의 지원을 받은 연구자들의 연결정도 향상이 통계적으로 유의미한 차이를 나타내는지 일원분산분석과 순열을 이용한 시물레이션을 통해 살펴보았다. 먼저 자유공모 형태로 지원되는 하반기 자체학술 및 인문사회과학 분야 지원 프로그램은 일반연구비 형태로 지원되는 상반기 자체학술지원 프로그램 및 미지원 대상과 연

결 정도의 평균값 추이에 큰 차이를 보였다. 2005년 하반기 자체학술 및 인문사회과학분야의 지원을 받은 그룹은 미지원 대상과 상반기 자체학술 지원 대상으로 구성된 그룹과 과제 선정 이후 2년 정도 (2006년, 2007년) 통계적으로 유의미한 차이를 보여 주었고 2008년부터는 그 차이가 급격히 줄어들었다.

대학의 학술지원 프로그램의 성과는 주로 발표 논문의 수로 평가되어 왔는데, 본 연구는 사회 네트워크 분석을 적용하여 네트워크 관점에서의 성과를 측정하였다. 사회 네트워크 분석은 프로그램의 사후적 평가뿐만 아니라 기획단계에서 사전적 평가에도 활용할 수 있으며, 이러한 사전적 평가를 통해 연구개발 네트워크가 목표로 하는 형태로 변화하도록 효율적으로 자원을 배분할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 김용학, 사회 연결망 분석, 박영사, 2007.
- [2] 김용학, 사회 연결망 이론, 박영사, 2007.
- [3] 박한우, 인터넷과 국제 학술정보 네트워크 하이퍼 링크 분석, 집문당, 2005.
- [4] 손동원, 사회 네트워크 분석, 경문사, 2002.
- [5] 한국산업기술평가원, 공공 R&D투자 효과 평가 연구방법론 조사·분석, 2006.
- [6] B. Bozeman and E. Corley, "Scientists' collaboration strategies: Implications for scientific and technical human capital", Research Policy, 33(4), pp.599-616, 2004.
- [7] B. Bozeman and J. Rogers, "Strategic management of government-sponsored R&D portfolios", Environment and Planning C, 19(3), pp.413-442, 2001.
- [8] J. S. Dietz, "Building a social capital model of research development: The case of the experimental program to stimulate competitive research", Science and Public Policy, 27(2), pp.137-145, 2000.
- [9] David Knoke and Song Yang, Social Network Analysis, Sage Publications, 2007.
- [10] Rosalie Ruegg and Irwin Feller, A Toolkit for Evaluating Public R&D Investment : Models, Methods, and Findings from ATP's First Decade, NIST, 2003.