

예비교원의 도움 네트워크에 관한 통계 모형의 경험적 비교: 이항 및 가중 ERGM을 중심으로

An Empirical Comparison of Statistical Models for Pre-service Teachers' Help Networks using Binary and Valued Exponential Random Graph Models

김성연*, 김종민**

인천대학교 교육대학원*, 경인교육대학교 교육학과**

Sung-Yeun Kim(syk@inu.ac.kr)*, Chong Min Kim(educpa@ginue.ac.kr)**

요약

본 연구의 목적은 예비교원의 도움 네트워크에 관한 통계모형을 경험적으로 비교하는 것이다. 특히 이항 및 가중 ERGM 결과를 토대로 공통점과 차이점을 파악하는 것이다. 연구문제는 첫째, 예비교원의 이항 및 가중 도움 네트워크 선택요인간의 공통점은 무엇인가? 둘째, 예비교원의 이항 및 가중 도움 네트워크 선택요인간의 차이점은 무엇인가? 이다. 이를 위해 예비교원(N=42)의 도움 및 친구 네트워크와 행복감, 그리고 개인특성을 측정하였다. 분석결과 첫째, 예비교원의 이항 및 가중 도움 네트워크 선택요인간의 공통점은 관계 의존성(호혜성, 전이성), 유사성(전공, 성별), 활동성(유아교육전공, 부정정서), 대중성(유아교육전공), 다중성(친구네트워크) 효과로 나타났다. 둘째, 예비교원의 이항 및 가중 도움 네트워크 선택요인간의 차이점은 활동성(체육교육전공), 대중성(학점, 부정정서) 효과로 나타났다. 이러한 연구결과를 토대로 시사점을 제시하였다.

■ 중심어 : | 이항 ERGM | 가중 ERGM | 도움 네트워크 | 친구 네트워크 | 행복감 | 예비교원 |

Abstract

The purpose of this study is to empirically compare statistical models for pre-service teachers' help networks. We identified similarities and differences based on the results of the binary and valued ERGM. Research questions are as follows: First, what are the similarities of factors influencing the binary/valued help network for pre-service teachers? Second, what are differences of factors influencing the binary/valued help network for pre-service teachers? We measured 42 pre-service teachers with focus on their help and friend networks, happiness, and personal characteristics. Results indicated that, first, the similar factors influencing the binary and valued help network of pre-service teachers were local dependencies (reciprocity, transitivity), similarity (major, gender), activity (early childhood education, negative emotion), popularity (early childhood education) and multiplicity (friend network). Second, the difference between factors affecting pre-service teacher's binary and valued help network was the effect of activity (physical education) and popularity (GPA, negative emotion). Based on these findings, we presented implications.

■ keyword : | ERGM for Binary Networks | ERGM for Valued Networks | Help Networks | Friends Networks | Happiness | Pre-service Teachers |

* 본 논문은 인천대학교 2018년도 자체연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

접수일자 : 2020년 02월 28일

수정일자 : 2020년 03월 31일

심사완료일 : 2020년 03월 31일

교신저자 : 김종민, e-mail : educpa@ginue.ac.kr

I. 서론

미래는 초연결사회를 기반으로 융·복합 사회로 향하고 있다. 이러한 미래를 대비하기 위해 세계적으로 의사소통, 협력, 창의성, 비판적 사고 역량에 대한 교육이 강조되고 있다. 이러한 역량 중에서 의사소통과 협력은 특히 융·복합 시대에서 필수적인 역량으로 그 중요성과 가치가 더욱 증대되고 있다. 이는 사람간의 의존성과 상호의존성이 점점 증대되고 있는 상황에서 개인, 기업 및 국가의 수행과 성과를 극대화하기 위해서는 무엇보다도 협력적 문제해결이 중요하기 때문이다. 이러한 융·복합 사회에서 도움네트워크는 협력적 문제 해결에도 도움이 될 뿐만 아니라 도움규범과 같은 협력적 문제해결 문화 형성에도 긍정적인 효과를 발휘할 수 있다. 따라서 이러한 도움 네트워크의 실태를 파악하고 도움 네트워크의 영향력을 파악할 필요가 있다.

선행 연구결과, 교원의 사회 네트워크는 교원의 규범, 의사소통, 분산적 지도성, 사회 자본 형성, 수업실태, 교직만족감, 행복감 등에 중요한 영향을 주는 것으로 드러났다[1-15]. 특히 초등교원의 동료네트워크는 교직만족감과 행복감에 긍정적인 영향을 [3], 초등교원의 지식 및 조언네트워크는 교사의 수업개선 및 혁신 실행, 그리고 전문적 학습공동체 형성에 긍정적인 영향을 [9-11][16][17], 그리고 예비 초등교원의 도움 및 동료네트워크는 그들의 행복감에 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났다[18]. 즉 단위학교 내 교원간의 도움네트워크는 협력적 문제해결을 위한 신뢰형성 및 도움규범에 중요하며, 맞춤형 문제해결을 위한 거래비용 감소뿐만 아니라 실천적 지식습득 속도와 전이에 있어서 매우 중요하다는 것이다. 또한 교원의 도움네트워크는 융합능력을 증대시켜 복잡하고 일상적이지 않은 문제를 창의적으로 해결하는데도 일조할 수 있으며, 사회학습 관점에서 학생의 도움네트워크 형성 및 유지에도 긍정적인 영향을 줄 수 있다.

또한 도움네트워크는 교원협력력을 통한 학교혁신 및 개선에 중요한 영향을 줄 수 있다. 특히 학교혁신을 성공적으로 수행하기 위해서는 교원의 전문성 신장이 필요하고, 교원 전문성 신장을 위해서는 무엇보다도 단위학교의 맥락에 맞는 구체적인 실천지식의 획득 및 활용

이 중요한데, 단위학교 교원 간의 도움네트워크는 이러한 단위학교의 맥락에 맞는 실천지식을 즉각적으로 제공할 수 있다는 점에서 매우 유용하다[19]. 또한 이러한 단위학교 내 교원들의 맞춤형 실천지식의 획득 및 활용을 위해서는 무엇보다도 단위학교 교원 간의 도움네트워크의 형성이 선결조건이다.

그럼 과연 이렇게 중요한 도움네트워크 형성요인은 무엇일까? 이러한 문제의 답을 하고자 선행연구에서는 교원의 도움네트워크를 종속변수로 하고 개인수준 및 짝 수준 설명변수를 독립변수로 하는 p^* 통계모형을 활용하였다[19]. 선행연구에서는 초등교원의 학생평가를 위한 도움네트워크의 형성요인으로 호혜성과 전이성, 평가관련 연수와 보직교원, 그리고 학급담임여부를 제시하였다[17]. 그러나 이러한 선행연구에서는 초등교원만을 대상으로 하여 예비교원의 도움네트워크 요인을 파악하지 못한 한계가 있었다. 따라서 본 연구는 예비교원의 도움네트워크에 초점을 두고 네트워크 통계모형을 적용하고자 한다. 특히 본 연구에서는 횡단 네트워크 자료의 대표적인 통계모형인 지수 임의 그래프 모형(Exponential Random Graph model, 이하 ERGM)을 활용하고자 한다.

ERGM은 전체 네트워크에서 네트워크의 특정구조가 발생할 확률을 추정하는 네트워크 통계모형으로 연결(tie-based)에 초점을 두고 있다[19]. 또한 ERGM은 짝 간 독립성(dyadic independence)을 가정하는 p_1 모형[20]과 p_2 모형[21]의 한계점을 극복하고자 제안되었다. 따라서 ERGM은 짝 간 독립성을 가정하지 않고, 삼자 관계(triad) 이상의 복잡한 네트워크의 구조를 모형 명세화 할 수 있는 장점이 있다.

ERGM은 그동안 이항 네트워크(binary networks)의 구조를 명세화하기 위해 다양한 학문분야에서 사용되어 왔다. 구체적으로 인문사회계열[22-37], 사범계열[38-41], 자연과학계열[42], 예체능계열[43][44] 등에서 적용되었다.

이러한 이항 네트워크를 위한 ERGM은 복잡한 네트워크의 국소 의존성(local dependency)을 명세화할 수 있는 장점이 있지만, 가중 네트워크(valued networks, weighted networks)를 위한 ERGM에 비해 종속변수의 정보 손실, 가중 네트워크 형성 요인 명세화의 어려

움, 임의 절단기준(가중 → 이항)으로 결과에 큰 영향이 있다는 한계가 지적되어 왔다[45-47]. 이러한 한계를 극복하고자 가중 네트워크를 위한 ERGM 연구[47][48]가 이제 시작단계에 있다.

특히 양자컴퓨터의 도입에 따른 향후 컴퓨팅 능력의 개선과 다양한 가중 네트워크 자료 수집 증대에 따른 연구 환경이 급격하게 변화하고 있는 시점에서 경험적 자료를 활용하여 이러한 가중 네트워크 분석결과와 기존의 이항 네트워크 분석결과를 비교해 볼 필요가 있다.

따라서 본 연구의 목적은 예비교원(사범대학 교직원과 정 수강학생)의 도움 네트워크에 관한 통계모형을 경험적으로 비교하는 것이다. 특히 이항 및 가중 ERGM 결과를 토대로 예비교원의 도움네트워크 선택요인에 공통점과 차이점을 파악하는 것이다. 구체적인 연구문제는 다음과 같다.

첫째, 예비교원의 이항 및 가중 도움네트워크 선택 요인간의 공통점은 무엇인가?

둘째, 예비교원의 이항 및 가중 도움네트워크 선택 요인간의 차이점은 무엇인가?

II. 이론적 배경

1. ERGM

ERGM의 근간인 p_1 모형은[20] 행위자들 간 네트워크의 확률을 최초로 모형화한 것으로, 짝 관계에서의 독립을 가정한 상태에서 밀도(전체적인 네트워크 정도, density), 호혜성(짝 관계 내 네트워크를 주고받은 정도, reciprocity), 활동성(한 행위자가 다른 행위자에게 네트워크를 보내는 정도, activity), 대중성(한 행위자가 다른 행위자에게 네트워크를 받는 정도, popularity) 모수로 짝 관계 네트워크의 확률을 개념화하고 추정한다. 그러나 p_1 모형에서는 행위자의 수가 증가할수록 추정해야 하는 모수의 수가 증가하게 되므로 이런 어려움을 극복하고자 무선효과를 추가하여 추정을 보다 용이하게 한 p_2 모형이 제시되었다. 즉, p_2 모형은[21] p_1 모형에서 활동성과 대중성 효과에 무선효과를 추가한 것

이다. 그러나 p_2 모형도 짝 관계 내의 상호의존성은 고려하지만, 짝 관계 간의 상호독립성을 가정하고 있기 때문에 삼자 간의 전이성 등과 같은 네트워크 구조의 다양한 효과를 살펴보기 못한다는 한계가 있다[49].

이상에서 살펴본 p_1 모형과 p_2 모형의 한계를 보완한 ERGM은 네트워크의 복잡한 구조에 상호의존적이라는 가정을 추가한 보다 현실적인 네트워크 확률모형이다. 이 모형은 네트워크 내에서 일어나는 특정한 현상을 이해하거나 중요한 특성을 포함시킨 여러 가지 모형을 시뮬레이션 할 때 사용할 수 있다. ERGM은 지수족(exponential family) 확률모형을 이용하는 임의 그래프 모형을 바탕으로 한다. ERGM에서는 미래의 상태는 현재의 상태에만 의존할 뿐 과거에는 영향을 받지 않는 마르코프 연쇄(Markov Chain)를 바탕으로 하는 확률 분포로부터 원하는 분포의 정적 분포를 갖는 표본을 추출하는 알고리즘인 마르코프 연쇄 몬테 카를로(Markov Chain Monte Carlo, MCMC)를 추정하는 방법으로 활용한다. Frank & Strauss[50]는 최초로 마르코프 무작위 그래프의 통계적 모형에 대한 논의를 시작하여 추후 마르코프 무작위 그래프 확률분포 모수의 추정연구로 발전시켰으며, Snijders[51]와 Hunter & Handcock[52]은 MCMC의 기법을 이용하여 네트워크를 모형화 할 것을 제안하였다. 이후 이 모형에 관계의 분포, 전이성 등 다양한 관계 의존성(tie dependency)에 대한 가정을 추가하여 ERGM은 보다 현실적인 네트워크 확률모형으로 자리잡게 되었다[23].

또한 ERGM의 가정에 대해 Robins & Lusher[53]는 첫째, 사회 네트워크는 국지적으로 나타나며 둘째, 네트워크의 연결은 스스로 조직될 뿐만 아니라 행위자의 속성과 다른 외생적 요인들에 의해 영향을 받으며 셋째, 네트워크 유형은 진행하고 있는 구조적 과정의 증거로 볼 수 있으며 넷째, 여러 과정들이 동시에 일어날 수 있으며 다섯째, 사회 네트워크는 구조적이며 확률적이라고 정리하였다.

이상의 모형적 가정을 전제로 하여 구성된 ERGM의 일반적인 수식은 (1)과 같다.

$$P(Y = y) = \frac{h(y) \exp\left(\sum_A \theta_A g_A(y)\right)}{k(\theta)} \quad (1)$$

여기서 h 는 지수족 중에서 어떤 분포를 이용할 것인지를 정해주는 함수이며, A 는 네트워크의 모든 구조구성요인(configuration)으로 네트워크의 특징을 의미하는 호혜성, 전이성 등을 예로 들 수 있다. θ_A 는 특정 구조구성요인 A 의 모수(A 의 변수들의 모든 이차 관계가 조건부 종속이라고 가정될 때만 0이 아님)이다. 또한 $g_A(y) = \prod_A y_{ij}$ 는 y 네트워크에서 A 가 나타날 빈도를 나타내는 네트워크를 형성하는 구조적 특성 또는 공변량을 나타내는 네트워크 통계량이다. $g_A(y)$ 와 이에 대응하는 모수들 θ_A 는 ERGM에서 핵심이 되는 부분으로, 해당하는 네트워크의 구조적 특성이 우연에 의해서가 아니라 강한 확률로 나타난 것인지, 또는 공변량이 네트워크의 형성에 유의한 영향을 미치는지를 판단할 수 있게 한다. 마지막으로 $k(\theta) = \sum_y h(y) \exp(\sum_A \theta_A g_A(y))$ 는 전체 확률을 정규화하는 상수이다[23][47][54][55].

1.1 이항 네트워크를 위한 ERGM

네트워크 중에서 연결선(edge)에 대해 추가적인 공변량이 없는 경우, 즉 행위자와 행위자가 연결되어 있는지 아닌지를 나타내는 경우를 이항 네트워크(binary network)라고 한다. 이항 네트워크의 경우에는 연결선이 0 또는 1과 같은 두 개의 값을 갖기 때문에 각 연결선이 가지는 값인 Y_{ij} 에 대한 지수족 확률분포로 베르누이 분포를 이용할 수 있다. 즉, 이항 네트워크를 위한 ERGM의 수식은 (2)와 같다[55].

$$P(Y = y) = \frac{\exp(\sum_A \theta_A g_A(y))}{k(\theta)} \quad (2)$$

이항 네트워크를 분석한 연구로 인문사회계열에서 이인원[31]은 정책 네트워크를 연구하는데 있어 ERGM의 잠재적인 유용성으로 정책과정이론과의 접목 가능성을 논의했으며, ERGM 모형에 기반하여 네트워크 구조와 정책행위자들의 미시적 의사결정을 탐구한 기존 Lee와 동료들[36]의 연구를 재분석하였다. 분석결과 지역개발정책에 참여하는 정책행위자들은 협력 네

트워크 구조를 선호하는 반면, 조정 네트워크 구조는 상대적으로 선호하지 않는다고 밝혔다. 또한 이인원과 이영미[31]는 미국 대도시 지역 내의 지방정부들 간의 지역경제개발을 위한 협력 네트워크 관계를 ERGM으로 분석함으로써 지방정부의 정치적, 경제적, 사회적 속성과 유사성이 협력관계에 미치는 영향을 분석하였다. 분석결과, 협력 거버넌스의 형성에는 지방정부들간의 유사한 환경이 중요한 촉매제로 작용할 수 있다고 밝혔다. 박현희[23]는 사회 네트워크 분석에서 ERGM은 더는 새로운 분석 기법이 아니라며, ERGM의 이론적 배경을 소개하고, 기존 연구에서 사용된 데이터를 이용하여 ERGM을 분석함으로써 관찰된 네트워크를 재현하는 과정을 설명하고, 모수를 추정하는데 있어 수렴성 문제 발생하는 경우 이를 통제하는 방법 및 모수 추정값의 해석에 대해 자세히 설명하였다. 또한 조직 커뮤니케이션과 관련하여 ERGM은 개인들 간의 커뮤니케이션 현상을 조사하였다. 구체적으로 온라인 협업[38], 국회의원 간의 상호작용[37], 조직 내에서의 지식 및 친구 관계 [35] 등이 다루어졌다. 기관들 간의 커뮤니케이션 현상과 관련하여서는 오프라인 협업[32] 및 하이퍼 링크 패턴과 같은 온라인 연결을[33] 조사하는데 ERGM이 활용되었다.

예체능계열에서 김인애[43]는 한국 대중음악 창작자들의 네트워크 구조와 변동을 7년 단위의 4시기로 구분하여 ERGM으로 네트워크 내에서 유유상종 효과, 이행성(전이성) 효과, 그리고 연결 정도 효과를 살펴보았다. 그 분석결과, 유유상종 효과의 경우 창작자들은 1시기에서 4시기로 갈수록, 복수 역할의 창작자일수록 같은 속성의 창작자들끼리의 작업을 선호하는 경향을 보였으며, 이행성 효과의 경우 모든 시기에서 유의하게 선호됨으로써 대중음악 창작자의 네트워크가 전 시기에서 견고한 군집을 형성하고 있다고 밝혔다. 또한 연결 정도 효과 역시 모든 시기에서 유의한 양의 계수를 나타냈는데, 이를 통해 한 창작자가 다른 창작자와 일대일 연결이 크게 선호된다고 밝혔다.

자연과학계열에서 장사량[42]은 친구 네트워크에서 건강행태별 동종 효과와 수신자 효과를 ERGM으로 분석하였다. 그 분석결과, 청소년의 친구 네트워크 전반에 확산한 건강행태는 건강지향적이지만은 않다고 밝혔으

며, 고립 유형이 건강행태에 미치는 영향을 살펴본 결과, 각 고립 유형은 일부 건강행태에 유의한 영향을 미친다고 밝혔다. 구체적으로 오토바이 헬멧 미착용은 고립된 청소년 중 자신은 관계를 형성하길 원하지만 관계의 거절을 경험하는 활동적 고립을, 게임시간은 친구를 지명하지도 지명받지도 않는 사회회피형 고립을, 그리고 수면시간은 사회회피형과 학급 내에서 본인은 지명하지 않아도 자신을 지명해주는 친구가 있는 사회무관심형 고립을 모두 유발한다고 밝혔다.

1.2 가중 네트워크를 위한 ERGM

네트워크 중에서 연결선에 대해 공변량이 있는 네트워크를 가중 네트워크(valued network)라고 하며, 일반적으로 네트워크 형성에 이용된 연결의 강도 또는 값이 공변량이 된다. 가중 네트워크의 경우에는 연결선 양의 정수 값을 갖기 때문에 각 연결선이 가지는 값인 Y_{ij} 에 대한 지수족 확률분포로 포아송 분포를 이용할 수 있다. 즉, 가중 네트워크를 위한 ERGM 분석에서는 어떤 모형이 정의되었는지와 관련하여 참조 분포(reference distribution)를 결정해야만 하며, 포아송 분포를 참조 분포로 하는 가중 네트워크를 위한 ERGM의 수식은 식(1)에서 $\theta_A = \theta$, $g_A(y) = y_{ij}$, 그리고 $h(y) = \prod_{i,j} (y_{ij}!)^{-1}$ 으로 대체함으로써 식(3)과 같이 간단하게 표현할 수 있다.

$$P(Y = y) = \prod_{y_{ij}} \frac{\exp(\theta y_{ij})}{y_{ij}! \exp(\theta)} \quad (3)$$

참조 분포는 연결선 분포가 어떤 모형 항(terms)이 없을 때 어떻게 보이는지에 대해 간단히 알려준다. 이항 네트워크의 경우 참조 분포는 연결선이 존재할 확률이 0.5인 베르누이(Bernoulli) 분포이다. 그러나 가중 네트워크를 위한 ERGM에서 표본 공간은 임의의 두 행위자 사이에서 발생할 수 있는 관계의 모든 가능한 값들에 대해 정의해야 한다. 따라서 참조 분포를 통한 표본 공간의 설정은 'ERGM 분포의 지지 및 기본 형태를 결정한다[56].

일반적으로 연구자들은 4가지 참조 분포(포아송 분

포, 기하 분포, 이항 분포, 이산균등분포) 중에서 선택할 수 있다. 이 중 어떤 참조 분포를 선택해야 하는가는 이론적으로 데이터의 특성을 기반으로 해야 한다. 예를 들어 임의의 두 행위자 사이에서 취할 수 있는 연결수에 상한이 없다면, 무한대를 설명하기 위해 포아송분포나 기하분포가 적절하다[57]. 또한 포아송 분포는 연결값의 평균이 분산과 크게 차이 나지 않을 때 유용하며, 이 조건이 성립하지 않으면 기하 분포가 유용하다. 만일 영과잉이면서 매우 치우친 데이터라면 참조 분포로는 기하 분포가 더 적절하다.

그러나 만일 임의의 두 행위자 사이에서 취할 수 있는 연결수에 상한이 존재한다면 이항분포나 이산균등분포를 참조분포로 고려할 수 있다[57]. 만일 연구자들이 각 연결수에 동일한 확률을 부여한다면 참조 분포로 이항 분포가 적절하다. 이는 분포가 정규분포 모양을 띠지 않을 때 양 극단의 값이 나올 가능성이 적기 때문이다. 반면에 값들이 정수 형태이며 분포가 모든 값에서 동일할 것 같은 경우에는 이산균등분포가 더 적절하다[48]. 본 연구에서는 도움 네트워크의 연결수 분포를 고려하여 참조분포로 이산균등분포를 활용하였다.

가중 네트워크 분석 연구로 박찬무와 장원철[47]은 국회의원들이 입법하는 행태에 대해 공동 발의 제안 횟수를 네트워크로 구성하여 ERGM을 분석하였다. 분석 결과, 공동 발의 네트워크 형성에 같은 정당 효과, 호혜성 효과, 그리고 당선 횟수 효과 순서로 영향을 미친다고 밝혔다. 또한 Pinly & Atouba[48]는 UCINET[55]에 공개되어 있는 융합 컨소시엄에 참여한 32명의 연구자들에 우정의 강도를 '모르는 사람이다'는 0으로, '이름을 들어보긴 했지만 만난 적은 없다'는 1로, '만난 적은 있다'는 2로, '친구다'는 3으로, 그리고 '아주 친한 친구다'는 4로 코딩하여 가중 네트워크를 구성하고, 3을 절단점으로 하여 이항 네트워크로 구성한 후 ERGM 분석 결과를 비교하였다. 대체로 두 분석결과는 비슷하게 나타났다. 즉, 가중 네트워크에서만 특정 연구자가 동료들을 친한 친구로 지명하는 경향이 높으면 그 연구자를 더 이상 지명하지 않는 현상이 나타났으며, 인류학과 자연과학 분야를 제외한 나머지 학문분야에서는 특정 연구자가 인기가 많아지게 되면 더 이상 그 연구자를 좋아하지

않는 현상이 나타났다고 밝혔다.

2. 학생 및 교원 도움 네트워크

2.1 학생 도움 네트워크

학생의 도움 네트워크란 학생간의 도움 관계망으로 개인문제, 학업문제, 진로문제 등의 영역에서 동료들 간의 자료, 정보, 지식, 조언 등을 주고받는 네트워크를 의미한다. 관련 연구로 Igarashi와 동료들[40]은 신입생들에게 직접 만나서 인사하는 경우, 직접 만나서 개인 문제를 의논하는 경우, 문자 메시지로 인사하는 경우, 그리고 문자 메시지로 개인 문제를 의논하는 경우의 4가지 네트워크를 3주, 12주, 28주, 41주에 수집하여 종단적 변화를 분석하였다. 분석결과, 직접 만나서 인사하는 네트워크의 경우에 방학 후 우정에 대한 재평가가 나타나 매우 인기 있었던 학생들 중 일부는 재평가 결과 인기가 떨어지는 것으로 나타났으며, 이러한 네트워크 형성은 학년 초에 강해졌다가 그 후에 줄어든다고 밝혔다. 반면에 문자 메시지로 인사를 나누는 네트워크의 경우에는 네트워크 형성 과정은 시간이 흐름에 따라 안정적으로 나타나 재평가가 발생하지 않았으며, 새로운 허브를 중심으로 구축된 네트워크가 학년 말에 등장한다고 밝혔다.

또한 이한주 외[44]는 튜터링에 참여했던 체육학과 학생들의 학업활동 관련 친한 친구, 정보교환 관계 네트워크와 친구관계를 ERGM으로 분석하였다. 분석결과, 체육학과 학생들이 보여주는 친구관계와 정보교환 네트워크 관계 구조의 특징으로 학생선수들은 학생선수들끼리, 일반학생은 일반학생들끼리 구분되어, 그리고 일반학생들은 다시 남학생들과 여학생들로 구분되어 네트워크를 이루는 유유상종 효과가 나타났다고 밝혔다.

또한 김종민[54]은 p^* 모형을 적용하여 네트워크 구조로 호혜성과 전이성, 성취목표, 영어 학습동기 및 학업성취도인 남자 고등학생의 특성이 영어 도움 네트워크에 어떤 영향을 주는지 분석하였다. 그 분석결과, 사회적 수행 접근목표, 영어 학습 내재적 동기, 그리고 영어 학업성취도 점수가 높을수록 영어 도움 네트워크가 증가하였고, 네트워크 구조인 호혜성과 전이성 효과는 같은 반 남학생 영어 도움 네트워크에 긍정적인 영향을

준다고 밝혔다.

그리고 김종민과 임현정[58]은 초등 5학년 전체 111명의 친구 및 도움 네트워크를 2년간 총 4회 측정·분석하였다. 그 연구결과, 첫째, 친구 네트워크가 도움 네트워크 보다 상호적 연결의 비율은 높고, 비대칭 연결의 비율은 낮게 나타났고, 둘째, 유의미한 네트워크의 내생 효과인 호혜성 및 전이적 삼자관계가 있었고, 셋째, 친구 및 도움 네트워크에서 같은 학급과 같은 소그룹의 유유상종 효과가 나타났으며, 넷째, 숙달목표 지향성의 변화는 초등학생의 도움네트워크 변화에 영향을 주는 것으로 나타났다.

2.2 교원 도움 네트워크

교원의 도움 네트워크란 교원간의 도움 관계망으로 수업지도, 생활지도, 행정업무, 평가 등의 영역에서 동료들 간의 자료, 정보, 지식, 조언 등을 주고받는 네트워크를 의미한다. 관련연구로 김종민[19]는 교원의 도움 네트워크를 종속변수로 하고 개인수준 및 짝 수준 설명변수를 독립변수로 설정하여 도움네트워크 형성요인을 분석하였다. 그 연구결과, 초등교원의 학생평가를 위한 도움네트워크의 형성요인으로 호혜성과 전이성, 평가관련 연수와 보직교원, 그리고 학급담임여부를 제시하였다. 또한, 김성연과 김종민[18]은 예비 초등교사 도움 네트워크의 특성과 네트워크 중심성이 행복감에 미치는 영향을 탐색하였고, 그 연구결과 예비 초등교원의 도움 네트워크는 그들의 행복감에 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났다.

그리고 Siciliano[41]는 15개 공립학교 교사들의 조언 공유와 지식 추구 행동에 대한 네트워크를 ERGM으로 분석하였고, 그 분석결과, 경쟁이 심한 학교일수록 네트워크의 밀도는 낮았으며, 동료와의 경쟁을 높이 인지하는 교사일수록 조언 공유를 할 가능성이 낮다고 밝혔다.

이상의 연구들을 살펴본 것처럼 ERGM은 사범계열, 인문사회계열, 예체능계열, 그리고 자연계열 등 다양한 분야에서 이항 네트워크에 적용되고 있지만, 가중 네트워크에 ERGM을 분석한 연구는 소수에 불과하다. 그러나 이항 네트워크에 ERGM을 적용하는 경우, 실제 데이터는 가중 네트워크인데 이항 네트워크로 변환시킴

으로써 결과적으로 데이터 손실을 야기할 뿐만 아니라 임의의 절단점을 기준으로 이항 네트워크로 변환하여 분석함으로써 결과에 크게 영향을 미칠 수 있다는 지적이 제기되고 있다[45][46][48]. 따라서 본 연구에서는 가중 네트워크로 수집된 예비교원 도움 네트워크에 ERGM을 분석한 결과와 이를 전통적인 이항 네트워크로 변환하여 ERGM을 분석한 결과를 경험적으로 비교하고자 한다. 또한 분석은 20명 이하의 표본을 대상으로 ERGM을 분석한 연구[56][57]와 모의실험을 수행한 연구결과[59]를 바탕으로 본 연구에서는 한 수업에 참여한 소규모 표본의 완전네트워크를 대상으로 실시하였다.

III. 예비교원의 도움 네트워크 분석

1. 연구대상과 분석변수

본 연구는 수도권에 소재한 한 대학교의 사범대학 교직과정 중 한 수업에 참여한 전체 42명의 예비교원을 대상으로 2018년 6월 3번째 주에 온라인으로 설문조사를 실시하였으며, 설문조사 응답률은 100%로 결측값은 없었다. 구체적으로 남학생은 15명, 여학생은 27명이었으며, 전공별로 영어교육은 10명, 유아교육은 18명, 그리고 체육교육은 14명이었다. 또한 설문지는 선행연구[18][54][58][60-63]에서 도움 네트워크에 영향을 미치는 요인을 크게 세 영역으로 나누어, 첫 번째 영역은 행복감, 두 번째 영역은 개인 특성, 그리고, 세 번째 영역은 친구 및 도움 네트워크로 구성하였다. 행복감은 서은국과 구재선[60]의 단축형 행복 척도를 5점 척도로 수정하여 측정하였으며[18], 네트워크는 수업에 참여한 전체 학생들의 명단을 주고 이번 한 학기를 돌아볼 때 본인이 친구들로부터 5개의 영역 중 도움을 받은 영역과 친밀함의 정도를 표시하도록 하였다.

도움 네트워크는 도움 받은 영역의 횟수를 공변량으로 갖는, 그리고 친구 네트워크는 우정의 정도를 공변량으로 갖는 가중 네트워크이다. 그러나 본 연구에서는 종속변수인 가중 도움 네트워크와 이항 도움 네트워크를 비교하기 위해 이항 도움 네트워크의 경우만 도움을

받은 영역이 전혀 없는 경우는 0으로, 한 개 이상의 영역에서 도움을 받은 경우는 1로 코딩하여 구성하였다. 또한 친구 네트워크와 도움 네트워크는 수업 단위의 방향성 있는 완전 네트워크로 설문조사 응답률은 100%였다. 구체적인 분석 변수는 [표 1]과 같다.

2. 분석방법

본 연구는 도움 네트워크의 형성에 영향을 미치는 변수들을 탐색하기 위하여 먼저 네트워크의 구조를 살펴볼 수 있는 변수로 연결 수(edges), 호혜성(reciprocity), 그리고 전이성(transitivity)을 살펴보았다. 다음으로 가중 도움 네트워크 ERGM 분석에서 성별 및 동일전공으로 유사성 효과를 살펴보았다. 이는 성별 비율의 격차가 크고 도움 네트워크는 주로 동성 간에 이루어진다는[54] 점과 전공이 같은 학생들끼리는 지식과 정보에 대한 협력이 쉬울 수 있으며, 우정을 쌓을 수 있는 근간을 제공할 수 있기 때문이다[61].

속성의 활동성 효과와 대중성 효과는 행복감, 지난 학기 학점, 그리고 전공으로 살펴보았다. 이는 도움 네트워크의 내향연결중심성과 외향연결중심성 등 일부 네트워크 지수들이 행복감과 관련이 있으며[3][18], 도움 네트워크 형성과 관련하여 학업 성취도 점수 차이가 영향을 주기 때문이다[62]. 이를 바탕으로, 학생들이 도움을 주거나 요청하는 성향에 행복감과 지난 학기 학점이 어떻게 영향을 미치는지를 해석할 수 있다. 즉, 행복감이 높거나 지난 학기 학점이 높은 학생들이 도움을 많이 받은 학생들로부터 더 많이 도움을 받거나 요청할 가능성이 높은지를 판단할 수 있다. 또한 영어교육, 유아교육, 그리고 체육교육 3개로 구분된 전공 중 어디에 속하는 학생들이 더 많이 도움을 받거나 요청하는지 살펴볼 수 있기 때문이다. 마지막으로 다중성 효과는 친구 네트워크로, 도움 네트워크가 친구 네트워크와 어떻게 관련되어 있는지 살펴보았다. 이는 도움 네트워크 형성 요인으로 다른 성향의 친구들끼리 서로 보완해주므로 네트워크가 형성될 가능성이 높다는 견해[63]와 반면에 유사한 친구들끼리 의사소통이 용이하므로 네트워크가 형성될 가능성이 높다는 상반된 견해가 존재하기 때문이다[58]. 이상의 모든 분석은 R 프로그램의 statnet 패키지[64] ergm.count 패키지[56]를 활용

하여 수행하였다. 구체적으로 Pinly & Atouba[48]에 제시된 바와 같이 burn-in은 50,000, interval은 5,000, sample size는 50,000으로 MCMC를 추정하였다.

표 1. 분석 변수

구분	설명	비고	
행복감	삶의 만족감	개인적 측면, 관계적 측면, 집단적 측면	3문항 응답평균(5점 만점), Cronbach's $\alpha=0.839$ 평균=3.98, 표준편차=0.83
	긍정 정서	즐거움, 행복함, 편안함	3문항 응답평균(5점 만점), Cronbach's $\alpha=0.844$ 평균=3.95, 표준편차=0.77
	부정 정서	부정적인, 짜증나는, 무기력한	3문항 응답평균(5점 만점), Cronbach's $\alpha=0.717$ 평균=2.69, 표준편차=0.92
개인 특성	성별	남학생, 여학생	남학생(36%), 여학생(64%)
	전공	영어교육, 유아교육, 체육교육	영어교육(24%), 유아교육(43%), 체육교육(33%)
	지남학기 학점	2017년 2학기 학점	100점 만점으로 변환, 평균=84.33, 표준편차=7.79
네트워크	친구 네트워크	이번 한 학기를 돌아볼 때, 이 수업을 듣는 다음 학생들과의 친밀함(이성친구 문제나 가족 이야기 등의 고민을 터놓을 수 있고 솔직하게 얘기하거나 여가 시간을 함께 지낼 수 있음)을 표시해주세요.	전혀 모른다, 아는 정도다, 좋아하는 편이다, 친구다, 아주 친한 친구다
	도움 네트워크	이번 한 학기를 돌아볼 때, 이 수업을 같이 듣는 다음 학생들로부터 어떤 영역에서 도움을 받았는 지(과제, 모둠활동, 숙제, 고민해결 등과 관련한 경우) 모두 표시해주세요.	교과수업, 진로문제, 대학생활 적응, 급진문제, 이성문제

IV. 연구결과

1. 이항·가중 도움 네트워크 선택요인의 공통점과 차이점

예비교원 도움 네트워크를 각각 이항과 가중으로 구분해 ERGM을 적용한 분석결과는 [표 2]와 같다. 네트워크 구조 변수만을 고려한 구조 모형에서 ERGM 추정값의 부호와 통계적 유의성은 동일하게 나타났다. 또한 모든 변수를 고려한 전체 모형에서도 분석결과는 대부









분 비슷하게 나타났지만, 일부 결과에서 차이가 나타났다. AIC 및 BIC 기준으로 데이터를 더 잘 설명하는 모형은 이항 네트워크와 가중 네트워크 모두 전체 모형이므로, 이를 기준으로 통계적으로 유의한 분석결과를 해석하면 다음과 같다.

이항 네트워크와 가중 네트워크를 ERGM으로 분석한 결과 중 공통적인 부분을 살펴보면 네트워크의 구조 변수들인 연결/합, 호혜성, 전이성의 추정값은 이항과 가중 네트워크에서 각각 음수(이항: 추정값=-7.17, 표준오차=1.74; 가중: 추정값=-3.89, 표준오차=0.46), 양수(이항: 추정값=1.15, 표준오차=0.27; 가중: 추정값=0.60, 표준오차=0.11), 양수(이항: 추정값=2.06, 표준오차=0.54; 가중: 추정값=0.66, 표준오차=0.10)로 모두 통계적으로 유의하게 나타났다. 즉, 도움 네트워크는 수강생 중 50% 이하의 학생들과의 관계로 형성되는 연결 밀도가 낮으며, 서로 도움을 주고받으며, 어떤 학생(A)에게 도움을 받은 학생(B)이 다른 학생(C)을 도와주면 처음에 도움을 준 학생(A)이 그 학생(C)을 도와주는 구조가 나타나는 경향이 있다고 해석할 수 있다.

구체적인 예시를 들면 이항 네트워크와 가중 네트워크에서 호혜성은 각각 1.153과 0.596으로 나타났으므로 한 예비교원(A)이 다른 예비교원(B)에게 1번의 도움을 제공해주었고, B라는 예비교원이 A라는 예비교원에게 3번의 도움을 제공해준 상황이라면 A라는 예비교원이 B라는 예비교원에게 도움을 제공할 확률은 도움을 제공하지 않는 경우와 비교해서 이항 네트워크에서는 약 6.34배((3-1)×exp(1.153)), 그리고 가중 네트워크에서는 약 3.62배((3-1)×exp(0.596)) 모두 증가한다고 할 수 있다.

같은 전공일수록(이항: 추정값=2.36, 표준오차=0.36; 가중: 추정값=1.47, 표준오차=0.18), 친구 네트워크가 많을수록(이항: 추정값=0.69, 표준오차=0.07; 가중: 추정값=0.33, 표준오차=0.04) 도움 네트워크를 형성할 가능성이 높은 것으로 나타난 반면, 같은 성별 간(이항: 추정값=-0.68, 표준오차=0.33; 가중: 추정값=-0.28, 표준오차=0.12) 도움 네트워크를 형성할 가능성이 낮은 것으로 나타났다.

표 2. 이항-가중 도움 네트워크의 ERGM 분석

네트워크 구성	변수	이항 네트워크		가중 네트워크		
		구조	전체	구조	전체	
관계의 존재성	 연결 (이항)/ 합(가중)	-14.031*** (1.34)	-7.169*** (1.74)	-1.969*** (0.09)	-3.892*** (0.46)	
	 호혜성	2.615*** (0.215)	1.153*** (0.27)	1.359*** (0.11)	0.596*** (0.11)	
	 전이성	8.779*** (1.045)	2.059*** (0.54)	0.578*** (0.09)	0.658*** (0.10)	
유사성	 성별		-0.683* (0.33)		-0.283* (0.12)	
	 전공		2.357*** (0.36)		1.466*** (0.18)	
속성 활동성		유아교육		0.953** (0.33)		0.540** (0.21)
		체육교육		0.254 (0.35)		-0.465* (0.22)
		학점		0.012 (0.01)		-0.003 (0.00)
		삶의 만족감		0.029 (0.16)		-0.027 (0.07)
		긍정정서		0.141 (0.17)		0.023 (0.07)
		부정정서		-0.327* (0.14)		-0.139* (0.05)
속성 대중성		유아교육		-0.932** (0.35)		-0.519** (0.19)
		체육교육		0.603+ (0.33)		0.441* (0.19)
		학점		0.002 (0.01)		0.011* (0.00)
		삶의 만족감		-0.037 (0.17)		-0.021 (0.07)
		긍정정서		-0.082 (0.18)		-0.066 (0.07)
		부정정서		0.081 (0.13)		0.127** (0.04)
다중성		친구 네트워크		0.694*** (0.07)		0.326*** (0.04)
		모형 적합도	AIC	1600	880.1	-4998
		BIC	1616	978.2	-4982	-5831

주1. 네트워크의 변화는 화살표로, 특성의 변화는 색으로 나타냄.
 주2. + $p < 0.1$ * $p < 0.5$, ** $p < 0.1$, *** $p < 0.01$.

구체적인 예시를 들면 도움을 요청하고 제공하는 예비교원이 같은 전공일 경우에는 그렇지 않은 경우보다 이항 네트워크에서는 약 10.56배($\exp(2.357)$), 그리고 가중 네트워크에서는 4.33배($\exp(1.466)$) 모두 증가한다고 할 수 있다. 반면에 도움을 요청하고 제공하는 예비교원의 성별이 같은 경우에는 다른 경우보다 이항 네트워크에서는 약 0.51배($\exp(-0.683)$), 그리고 가중 네

트워크에서는 0.75배($\exp(-0.283)$) 모두 감소하는 것을 의미한다. 또한 부정정서가 높을수록 예비교원들은 도움을 요청할 확률이(이항: 추정값=-0.33, 표준오차=0.14; 가중: 추정값=-0.14, 표준오차=0.05) 낮게 나타났다. 영어교육전공에 비해 유아교육전공에서는 전공 내 예비교원들에게 도움을 요청할 확률은(이항: 추정값=0.95, 표준오차=0.33; 가중: 추정값=0.54, 표준오차=0.21) 높게 나타났지만, 반대로 도움을 제공할 확률은(이항: 추정값=-0.93, 표준오차=0.35; 가중: 추정값=-0.52, 표준오차=0.19) 낮게 나타났다. 반면에 체육교육전공에서는 도움을 제공할 확률이(이항: 추정값=0.60, 표준오차=0.33; 가중: 추정값=0.44, 표준오차=0.19) 높게 나타났다.

한편 일부 속성 활동성과 속성 대중성에서 분석결과에 차이가 나타났다. 도움 대중성에서는 학점과 부정정서, 도움 활동성에서는 체육교육전공 변수가 가중 네트워크의 ERGM에서는 유의하였지만 이항 네트워크에서는 유의하지 않았다. 즉 가중 네트워크에 ERGM을 분석한 경우 학점이 높을수록(이항: 추정값=0.00, 표준오차=0.01; 가중: 추정값=0.01, 표준오차=0.00), 부정정서가 높을수록(이항: 추정값=0.08, 표준오차=0.13; 가중: 추정값=0.13, 표준오차=0.04) 도움을 제공할 확률이 높게 나타났다. 구체적인 예시를 들면 가중 네트워크에서 부정정서가 1점 높아지는 경우 평균적으로 도움을 요청하는 횟수는 약 0.87배($\exp(-0.130)$) 감소하고, 도움을 제공하는 횟수는 약 1.13배($\exp(0.127)$) 증가한다는 것을 의미한다. 또한 영어교육전공 보다 체육교육 전공 내에서 도움을 요청할 확률은(이항: 추정값=0.25, 표준오차=0.35; 가중: 추정값=-0.47, 표준오차=0.22) 통계적으로 유의하게 낮게 나타났다. 반면에 이항과 가중 네트워크에 ERGM을 분석한 결과가 모두 통계적으로 유의하게 나타나지는 않았지만 모수 추정치의 부호가 반대로 나타난 경우가 있었다. 구체적으로 학점이 높을수록(이항: 추정값=0.01, 표준오차=0.01; 가중: 추정값=-0.00, 표준오차=0.00), 그리고 삶의 만족감이 높을수록(이항: 추정값=0.03, 표준오차=0.16; 가중: 추정값=-0.03, 표준오차=0.00) 도움을 요청할 확률이 이항 네트워크에서는 높게 나타난 반면에 가중 네트워크에서는 낮게 나타났다.

2. 수렴성 분석결과

ERGM을 적용하는 분석과정에서 가장 빈번하게 발생하는 수렴성 문제(degeneracy) 여부는 MCMC 표본의 주요 통계량들에 대해 그래프로 확인하였다. 각 그래프는 모두 비슷한 패턴을 나타내므로 지면 제약 상 모형의 첫 항과 마지막 항에 해당하는 부분만을 [그림 1]에 제시하였다.

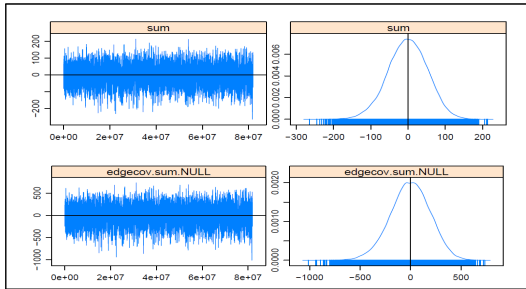


그림 1. MCMC 표본 통계량의 추이 및 분포

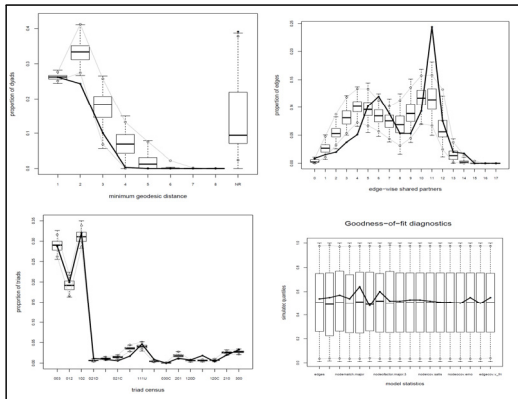


그림 2. 전체 이항 네트워크의 진단 결과

[그림 1]에서 왼쪽은 표본 네트워크들의 통계량 추이를, 오른쪽은 이를 곡선으로 나타낸 것이다. 모형이 수렴하는 경우에 그래프는 시간이 흐름에 따라 왼쪽 그래프는 0 근처에서 변동하며, 오른쪽 그래프는 정규분포 모양을 나타낸다[48]. [그림 1]에 제시된 바와 같이 표본 네트워크들의 연결선 수와 실제 네트워크 데이터의 연결선 수의 차이는 시간이 흐름에 따라 0 근처에서 변동하고 있으며, 이 차이들은 0을 중심으로 대칭인 정규

분포를 따르며, 나머지 통계량도 비슷한 결과를 보여줌으로써 수렴성에는 문제가 없는 것으로 나타났다.

추가적으로 전체 이항 네트워크에서는 모형에서 추출한 네트워크와 관측된 네트워크에서 통계량들을 비교한 결과를 [그림 2]에 제시하였다. [그림 2]에서 검은색 선은 관측된 네트워크의 통계량에 대한 분포를 나타내며, 회색 선은 모형으로부터 추출된 네트워크들의 최솟값과 최댓값을 나타낸다. 따라서 검은색 선이 회색 선 안에 대체로 포함되어 있으므로 모형 진단 결과는 양호한 것으로 나타났다.

V. 결론 및 제언

본 연구의 목적은 예비교원 도움 네트워크에 관한 통계모형을 경험적으로 비교하는 것으로 이항 및 가중 ERGM 결과를 토대로 예비교원의 도움네트워크 선택 요인에 공통점과 차이점을 파악하는 것이다.

분석결과 첫째, 예비교원의 이항과 가중 도움네트워크에 영향을 미치는 요인의 공통점은 관계 의존성, 유사성, 활동성, 대증성, 그리고 다중성 효과로 나타났다. 둘째, 예비교사의 이항과 가중 도움 네트워크에 영향을 미치는 요인의 차이점은 활동성(체육교육전공)과 대증성(학점, 부정정서) 효과로 나타났다.

이러한 연구결과를 토대로 시사점은 다음과 같다. 첫째, 가중 네트워크를 이항 네트워크로 변환하여 분석하면 종속변수의 정보 손실, 가중 네트워크 형성 요인 명세화의 어려움, 임의 절단기준(가중 → 이항)으로 결과에 큰 영향이 있을 수 있다. 따라서 가중 네트워크를 위한 ERGM을 적용 한 분석결과와 이항 네트워크를 위한 ERGM 분석결과를 지속적으로 비교해 볼 필요가 있다. 특히 학생 또는 교원의 도움네트워크 형성요인을 분석함에 있어 다양한 도움영역을 측정 한 설문조사 연구의 경우 ERGM을 활용한 가중 도움네트워크 형성요인 분석이 필요하다. 이러한 분석결과를 토대로 학생들의 학교생활 문제해결에 필요한 도움네트워크를 설계하고 지원할 필요가 있고, 교원들의 학습지도·생활지도·행정 업무 해결에 필요한 도움네트워크를 구안하고 조성할 필요가 있다.

둘째, 가중 네트워크를 위한 ERGM의 방법론적 특성으로 적절한 참조분포를 가정할 필요가 있다. 이를 위해 연결 수의 상한 존재 여부를 먼저 확인하고 네트워크의 특성에 맞는 참조분포를 적용할 필요가 있다. 특히 교원의 도움네트워크 경우 도움영역을 가중네트워크로 할 경우는 연결 수의 상한이 존재하나 도움횟수를 가중네트워크로 할 경우는 연결 수의 상한이 존재하지 않을 수도 있으므로 이러한 특성에 반영하는 참조분포를 이용할 필요가 있다.

셋째, 예비교원의 도움네트워크 선택에 긍정적인 요인은 네트워크 구조의 내생적인 효과인 호혜성과 전이성이었다. 또한 두 개의 효과 중 전이성 효과가 상대적으로 큰 것으로 나타났다. 이는 예비교원의 도움네트워크의 하위집단이 형성되어 도움요청과 도움제공 행위가 이루어지는 것으로 볼 수 있다. 특히 교원 도움네트워크의 긍정적인 전이성 효과는 협력적 문제해결에 있어 효율성과 효과성을 높일 수 있는 기반이 됨으로 학교혁신을 위해 이러한 특성을 잘 활용할 필요가 있다. 무엇보다도 민주적인 학교운영을 위한 수평적인 협력문화를 형성하고자 할 때 이러한 전이적 삼자관계를 통한 하위집단 형성이 필수적이다. 따라서 예비교원과 교원 도움네트워크의 내생효과에 관한 지속적인 측정과 분석이 필요하다.

넷째, 예비교원의 도움네트워크 선택에 유유상종 효과가 나타났으나, 유사성 효과는 동일성별에서는 부정적으로, 그리고 동일전공에서는 긍정적으로 나타났다. 이는 복수의 전공이 동일한 교직과목을 수강하는 예비교원 교육에서 수업 중 토론진행 및 조별활동 시 중요한 함의를 갖는다. 예를 들어 수강생분포가 한쪽의 전공이 다수를 이루거나, 아주 소수의 전공 학생이 교직과목을 수강할 시 상대적으로 도움 요청에 불리한 하위집단 혹은 예비교원이 발생할 수 있다. 따라서 담당교수는 이러한 상황을 사전에 인식하고, 도움에 소외되는 예비교원이 발생하지 않도록 적절한 조치를 취할 필요가 있다. +-이러한 도움네트워크의 유유상종 효과는 중등학교현장에서는 동일 교과담당 교원들에게 자주 발생함으로 특정 현장교원이 도움에 소외되지 않도록 하는 학년배치가 필요하다. 또한 다양한 전문지식의 습득과 활용을 위해서 다른 전공 예비교원 간의 도움네트워

크 형성을 위해 과제 팀 구성 및 토의·토론 구성원 배치가 필요하다.

다섯째, 예비교원의 도움네트워크 선택에 긍정적인 요인은 학점으로, 학점이 높을수록 다양한 영역의 도움을 제공하는 것으로 나타났다. 특히 학점은 이항 도움네트워크에서는 통계적으로 유의미하지 않았으나, 가중 도움네트워크에서는 통계적으로 유의미한 요인으로 확인되어 중요한 가중 도움네트워크의 긍정적인 영향 요인으로 드러났다. 교과수업, 진로문제와 관련해서는 학점이 높은 예비교원에게 도움을 구하는 것이 일반적이나 대학생활 적응문제, 금전문제, 그리고 이성문제까지도 학점이 높은 예비교원에게 도움을 구하는 이유는 아마도 교과수업 도움네트워크를 통해 신뢰관계가 이미 구축되어 다른 영역의 도움을 구하고자 할 때 관련 전문가를 찾기 보다는 기존 도움네트워크를 활용하는 것이 거래비용을 줄 수 있기 때문일 것이다. 그러나 이와 관련 보다 면밀한 분석이 필요하며, 구체적으로 후속연구에서는 심층면담을 통해 학점이 높은 예비교원에게 다양한 영역의 도움을 구하는 동기와 그 도움내용을 언어 네트워크 분석[65-67]을 활용하여 파악할 필요가 있다.

여섯째, 예비교원의 도움네트워크 선택에 행복감 중 부정정서가 관련이 있는 것으로 나타났다. 특히 부정정서가 낮을수록 다양한 영역의 도움을 많이 구하는 것으로 나타났다. 이는 일반적인 현상으로 행복감 중 부정정서가 도움요청 행위와 밀접한 관련이 있음을 알 수 있다. 그러나 부정정서와 도움요청 행위 간의 인과관계는 명확하지 않아서 이를 위해서는 종단자료를 수집하여 인과추론연구를 수행할 필요가 있다. 또한 특이하게 부정정서가 높을수록 다양한 영역의 도움을 많이 제공하는 것으로 나타났다. 특히 대중성 효과로서의 부정정서는 이항 도움네트워크에서는 통계적으로 유의미하지 않았으나, 가중 도움네트워크에서는 통계적으로 유의미한 요인으로 확인되어 중요한 가중 도움네트워크 영향 요인으로 드러났다.

본 연구의 한계는 다음과 같다. 첫째, 본 연구에서는 예비교원의 도움네트워크 선택에 영향을 미치는 간접 효과 분석을 수행하지 못하였다. 둘째, 본 연구는 한 대학교의 사범대학 교직과정 중 한 수업에 참여한 예비교

원만을 대상으로 연구를 수행하여 다른 수업 또는 다른 대학교의 예비교원에게 연구결과를 적용시키는데 한계가 있다.

본 연구의 의의는 응답률 100%의 경험적 자료를 토대로 예비교원의 가중 도움네트워크 선택의 영향 요인을 탐색하였다는 점과 이항 도움네트워크와 가중 도움네트워크 선택의 영향 요인의 공통점과 차이점을 분석하여 관련 시사점을 제공하였다는 점이다. 또한 본 연구는 사회 네트워크 분석 연구자에게 새로운 네트워크 분석방법 예시자료로 활용될 수 있다는 점에서 연구결과와 활용도가 매우 높다고 할 수 있다. 마지막으로 본 연구결과는 향후 학문적 공동체를 통한 학교 개선 및 혁신을 수행할 예비교원에게 자신들의 도움요청 및 도움제공 행위의 실태를 성찰할 수 있는 정보를 제공했다는 점에서 큰 의의가 있다.

참 고 문 헌

[1] 김민조, "학교내 교원간 의사소통 네트워크 분석: S초등학교 사례," 열린교육연구, 제20권, 제4호, pp.65-97, 2012.

[2] 김영화, *학교조직혁신의 결정요인에 관한 연구: 초등학교 교원의 사회연결망 특성을 중심으로*, 건국대학교 대학원, 석사학위논문, 2012.

[3] 김종민, "초등교원의 동료네트워크가 교직만족감과 행복감에 미치는 영향," 초등교육연구, 제28권, 제1호, pp.21-45, 2015.

[4] 김혜영, *초등학교 교사 연결망의 사회적 성격 분석*, 한국교원대학교 대학원, 석사학위논문, 2013.

[5] 신철균, *학교내 교사 간 의사소통 네트워크 분석: A고등학교를 중심으로*, 서울대학교 대학원, 석사학위논문, 2006.

[6] 이재무, 송영선, "사회연결망분석을 활용한 국공립어린이집 보육교사의 동료신뢰 형성요인 연구," 한국영유아보육학, 제85권, pp.19-43, 2014.

[7] 최병호, *혁신학교 참여 교사들의 교육관 제구성파 연결망 분석*, 한국교원대학교 대학원, 석사학위논문, 2012.

[8] 최지희, *사회연결망분석을 통한 중등사회과 교사 간의 상호교류 실태 분석*, 이화여자대학교 대학원, 석사학

위논문, 2011.

[9] C. Kim, *The effect of teachers' social networks on teaching practices and class composition*, Unpublished doctoral dissertation, Michigan State University, East Lansing, MI, 2011.

[10] W. R. Penuel, K. A. Frank, M. Sun, and C. Kim, *Teachers' social capital and the implementation of schoolwide reforms*, New York, NY: Teachers College Press, 2011.

[11] W. R. Penuel, M. Riel, A. Joshi, L. Pearlman, C. Kim, and K. A. Frank, "The alignment of the informal and formal organizational supports for reform: Implications for improving teaching in schools," *Educational Administration Quarterly*, Vol.46, No.1, pp.57-95, 2010.

[12] M. D. Siciliano, "Professional networks and street-level performance: How public school teachers' advice networks influence student performance," *American Review of Public Administration*, Vol.47, No.1, pp.1-23, 2015.

[13] J. P. Spillane, *Distributed leadership*, San Francisco, CA: Jossey-Bass, 2006.

[14] J. P. Spillane, C. Kim, and K. A. Frank, "Instructional Advice and Information Seeking Behavior in Elementary Schools: Exploring Tie formation as a Building Block in Social Capital Development," *American Educational Research Journal*, Vol.49, No.6, pp.1112-1145, 2012.

[15] M. Sun, K. A. Frank, W. R. Penuel, and C. Kim, "Formal leadership versus informal leadership: How institutions penetrate schools," *Educational Administration Quarterly*, Vol.49, No.4, pp.610-644, 2013.

[16] K. A. Frank, W. R. Penuel, M. Sun, C. Kim, and C. Singleton, "The organization as a filter of institutional diffusion," *Teachers College Record*, Vol.115, No.1, pp.306-339, 2013.

[17] K. A. Frank, Y. Zhao, and K. Borman, "Social capital and the diffusion of innovations within organizations: Application to the implementation of computer technology in schools," *Sociology of Education*, Vol.77,

- pp.148-171, 2004.
- [18] 김성연, 김종민, “예비 초등교사 도움 및 친구 네트워크의 특성과 네트워크 중심성이 행복감에 미치는 영향,” *교육연구논총*, 제39권, 제1호, pp.175-202, 2018.
- [19] 김종민, “학생평가를 위한 초등교사 네트워크의 공통점, 차이점 및 영향요인,” *교육평가연구*, 제30권, 제1호, pp.145-171, 2017.
- [20] P. W. Holland and S. Leinhardt, “An exponential family of probability distributions for directed graphs,” *Journal of the American Statistical Association*, Vol.76, No.373, pp.33-50, 1981.
- [21] M. A. Van Duijn, T. A. Snijders, and B. J. Zijlstra, “p2: a random effects model with covariates for directed graphs,” *Statistica Neerlandica*, Vol.58, No.2, pp.234-254, 2004.
- [22] 김하영, 강버들, “다문화가족지원법안에 대한 19대 국회입법과정의 공동발의 네트워크 분석 연구,” *다문화교육연구*, 제11권, 제3호, pp.99-120, 2018.
- [23] 박현희, “ERGM 을 이용한 네트워크 데이터 분석 및 구조 파라미터 계수의 해석,” *현대사회와 행정*, 제29권, 제1호, pp.35-61, 2019.
- [24] 서인석, “새터민 ‘정착지원 프로그램’ 유관기관간 협력연결망의 메커니즘 분석: 네트워크의 구조변수에 대한 ERGM의 적용,” *지방행정연구*, 제27권, 제2호, pp.75-102, 2013.
- [25] 서인석, 윤병섭, 조일형, “국회입법과정에서 공동발의 네트워크의 구조와 존속: 성폭력방지법안에 대한 구조변수와 ERGM의 적용,” *한국행정연구*, 제23권, 제1호, pp.65-90, 2014.
- [26] 서인석, 이동규, “ERGM을 활용한 재난안전 유관기관 간 협력연결망 분석,” *Korean Review of Crisis & Emergency Management*, 제10권, 제1호, pp.105-126, 2014.
- [27] 서인석, 정혜진, “네트워크의 지속에 이행성 및 인기도는 항상 긍정적인가? -부산시 고용지원 프로그램 사례를 중심으로-,” *정책개발연구*, 제17권, 제2호, pp.29-53, 2017.
- [28] 이병규, 염유식, “17대 국회의원들간 공동발의 연결망 형성의 메커니즘 분석,” *현대사회와 문화*, 제29권, pp.33-60, 2009.
- [29] 이상엽, “사회망 분석에서의 통계적 추론 방법에 대한 소개,” *연구방법논총*, 제1권, 제2호, pp.113-138, 2016.
- [30] 이인원, “기술적 네트워크 분석에서 통계적 네트워크 분석으로: 정책학 연구에 있어서 네트워크 방법론의 접목 가능성,” *한국정책학회보*, 제22권, 제2호, pp.31-61, 2013.
- [31] 이인원, 이영미, “정치·경제·사회적 유사성이 협력 거버넌스 형성에 미치는 영향: ERGM 분석을 중심으로,” *정부학연구*, 제19권, 제2호, pp.109-142, 2013.
- [32] Y. Atouba and M. Shumate, “Interorganizational networking patterns among development organizations,” *Journal of Communication*, Vol.60, No.2, pp.293-317, 2010.
- [33] J. S. Fu and M. Shumate, “Hyperlinks as institutionalized connective public goods for collective action online,” *Journal of Computer-Mediated Communication*, Vol.21, No.4, pp.298-311, 2016.
- [34] Y. Lee, “Economic development networks among local governments - The structure of collaboration networks in the Tampa bay metropolitan area,” *International review of public administration*, Vol.16, No.1, pp.113-134, 2011.
- [35] S. Lee and C. Lee, “Creative interaction and multiplexity in intraorganizational networks,” *Management Communication Quarterly*, Vol.29, No.1, pp.56-83, 2015.
- [36] Y. Lee, I. W. Lee, and R. C. Feiock, “Interorganizational collaboration networks in economic development policy: An exponential random graph model analysis,” *Policy Studies Journal*, Vol.40, No.3, pp.547-573, 2012.
- [37] T. Q. Peng, Y. Liu, Y. Wu, and S. Liu, “Follower-followee network, communication networks, and vote agreement of the US members of congress,” *Communication Research*, Vol.43, No.7, pp.996-1024, 2016.
- [38] R. Wang and G. Cheliotis, “Institutional and entrepreneurial engagement in commons-based peer production,” *International Journal of Communication*, Vol.10, No.22, pp.4258-4279, 2016.

- [39] 강유림, 신혜성, 김성우, 김종민, “남자고등학생의 친구하위집단, 사회적 성취목표, 학습유형, 학업성취도가 학업도움 네트워크 형성에 미치는 영향,” 미래교육학연구, 제30권, 제2호, pp.1-22, 2017.
- [40] T. Igarashi, G. Robins, and P. Pattison, “Longitudinal Changes in Friendship Networks: An Approach from Exponential Random Graph Models,” NetSci2006, May 22-25, Bloomington, IN, USA, 2006.
- [41] M. D. Siciliano, The impact of internal competition on collaboration in public organizations. In 11th Public Management Research Conference, Madison, June, pp.20-22, 2013.
- [42] 장사람, *청소년의 친구관계와 건강행태 연구*, 서울대학교, 박사학위논문, 2019.
- [43] 김인애, *한국 대중음악 창작자들의 연결망 구조와 변동 분석*, 이화여자대학교, 석사학위논문, 2014.
- [44] 이한주, 손나래, 이태구, 이정화, “대학운동선수들의 학업활동과 친구관계,” 학습자중심교과교육연구, 제14권, 제6호, pp.321-340, 2014.
- [45] P. Monge and S. A. Matei, “The role of the global telecommunications network in bridging economic and political divides, 1989 to 1999,” Journal of Communication, Vol.54, No.3, pp.511-531, 2004.
- [46] T. Opsahl, F. Agneessens, and J. Skvoretz, “Node centrality in weighted networks: Generalizing degree and shortest paths,” Social networks, Vol.32, No.3, pp.245-251, 2010.
- [47] 박찬무, 장원철, “17 대 국회의 공동법안발의에 관한 네트워크 분석,” 응용통계연구, 제30권, 제3호, pp.403-415, 2017.
- [48] A. Pilny and Y. Atouba, “Modeling Valued Organizational Communication Networks Using Exponential Random Graph Models,” Management Communication Quarterly, Vol.32, No.2, pp.250-264, 2018.
- [49] G. Robins and M. Morris, “Advances in exponential random graph (p^*) models,” Social networks, Vol.2, No.29, pp.169-172, 2007.
- [50] O. Frank and D. Strauss, “Markov graphs,” Journal of the American Statistical association, Vol.81, No.395, pp.832-842, 1986.
- [51] T. A. Snijders, “Markov chain Monte Carlo estimation of exponential random graph models,” Journal of Social Structure, Vol.3, No.2, pp.1-40, 2002.
- [52] D. R. Hunter and M. S. Handcock, “Inference in curved exponential family models for networks,” Journal of Computational and Graphical Statistics, Vol.15, No.3, pp.565-583, 2006.
- [53] G. Robins and D. Lusher, “Simplified account of an exponential random graph model as a statistical model,” Exponential random graph models for social networks, pp.29-36, 2013.
- [54] 김종민, “사회선택 통계모형의 방법론적 특성과 p_2 와 p^* 모형을 활용한 남자고등학생의 영어도움 네트워크 분석,” 교육평가연구, 제28권, 제3호, pp.753-777, 2015.
- [55] S. P. Borgatti, M. G. Everett, and L. C. Freeman, “Ucinet for Windows: Software for social network analysis,” Harvard, MA: analytic technologies, Vol.6, 2002.
- [56] D. R. Hunter, M. S. Handcock, C. T. Butts, S. M. Goodreau, and M. Morris, “ergm: A package to fit, simulate and diagnose exponential-family models for networks. Journal of statistical software,” Vol.24, No.3, pp.1-29, 2008.
- [57] P. N. Krivitsky and C. T. Butts, “Modeling valued networks with statnet,” Workshop presented at the Meeting of the Sunbelt Conference of the International Network for Social Network Analysis, Brighton, UK., 2015.
- [58] 임현정, 김종민, “중단 네트워크 측정 및 분석,” 교육평가연구, 제31권, 제1호, pp.281-308, 2018.
- [59] A. Cerqueira, D. Fraiman, C. D. Vargas, and F. Leonardi, “A test of hypotheses for random graph distributions built from EEG data,” IEEE Transactions on Network Science and Engineering, Vol.4, No.2, pp.75-82, 2017.
- [60] 서은국, 구재선, “단축형 행복 척도 (COMOSWB) 개발 및 타당화,” 한국심리학회지: 사회 및 성격, 제25권, 제1호, pp.95-113, 2011.

- [61] P. R. Monge and N. S. Contractor, *Theories of communication networks*, Oxford University Press, USA, 2003.
- [62] 임현정, 김종민, “사회 네트워크 분석을 활용한 초등 학생 친구 네트워크 하위그룹 식별과 학업도움 네트워크 형성 요인 탐색,” *교육평가연구*, 제29권, 제3호, pp.565-595, 2016.
- [63] M. J. Mendelson and F. E. Aboud, “Measuring friendship quality in late adolescents and young adults: McGill Friendship Questionnaires,” *Canadian Journal of Behavioural Science/Revue canadienne des sciences du comportement*, Vol.31, No.2, p.130, 1999.
- [64] S. M. Goodreau, M. S. Handcock, D. R. Hunter, C. T. Butts and M. Morris, “A statnet Tutorial,” *Journal of statistical software*, Vol.24, No.9, pp.1-26, 2008.
- [65] 최경호, 문길성, “영어영문학 관련 학회장 인사말 내용분석: 언어네트워크를 중심으로,” *한국콘텐츠학회논문지*, 제13권, 제3호, pp.495-501, 2013.
- [66] 홍주현, 윤해진, “18대 대통령 선거 후보자의 연설문 네트워크 분석: 단어의 가시성과 단어 간 연결성을 중심으로,” *한국콘텐츠학회논문지*, 제14권, 제9호, pp.24-44, 2014.
- [67] 이성준, “언어 네트워크 분석을 통해 살펴본 한국 언론학 분야 연구의 연구동향 분석,” *한국콘텐츠학회논문지*, 제16권, 제7호, pp.179-189, 2016.

저 자 소 개

김 성 연(Sung-Yeun Kim)

정회원



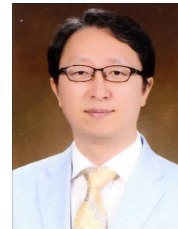
- 1997년 2월 : 영남대학교 수학과 (이학석사)
- 2003년 6월 : 성균관대학교 수학과 (이학박사)
- 2011년 2월 : 연세대학교 교육학과 (교육학박사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 인천대학교

교육대학원 부교수

〈관심분야〉 : 교육측정 및 평가, 교원평가, 네트워크 분석, 수학영재교육

김 중 민(Chong Min Kim)

정회원



- 2000년 8월 : 연세대학교 교육학과 (문학사)
- 2004년 2월 : 연세대학교 교육학과 (교육학석사)
- 2011년 5월 : Michigan State University, College of Education (Ph.D.)

- 2013년 3월 ~ 현재 : 경인교육대학교 교육학과 부교수
- 〈관심분야〉 : 네트워크 분석, 다층모형, 인과추론, 학교효과, 교실평가