

고등학교 수학과 교육과정 중 확률·통계에 나타난 의미의 연결망 구조와 분석

최경호¹⁾

요약

제7차 교육과정 개편에 따라 고등학교 수학교과 구성에 있어, 확률·통계관련 내용이 과거에 비하여 양적으로 많이 증대되었다. 따라서 내용적인 측면에서도 확률·통계관련 각 영역이 단위 목표를 제대로 달성될 수 있도록 구성된다면, 정보화 사회에 요구되는 보다 효율적인 통계교육이 이루어질 수 있을 것이다.

이에 본 논문에서는 고등학교 수학교과 중 확률·통계관련 내용이 단원의 학습목표를 달성할 수 있도록 구성되어 있는지를, 제7차 고등학교 수학 교육과정 해설서에 제시된 중심용어와 기호를 중심으로 '연결망분석(network analysis)'을 활용하여 알아보았다. 그 결과 확률변수를 매개로 확률분포에 대한 개념과 통계적 추정에 대한 개념을 연결하는 서술구조는 통계적인 측면에서 매우 잘 표현되어 있으나, '전수조사'와 '표본조사'는 여타의 항목과 연결되지 않는 등, 일부에 있어서는 기술상에 문제점을 내포하고 있는 것으로 나타났다.

주요용어: 교육과정; 확률·통계; 연결망분석.

1. 서론

교육 분야에서 가장 근본적인 문제는 어떤 내용을 선정하여 어떻게 구성할 것인가의 문제일 것이다. 이에 우리나라는 수학교과 등에 대해 해방이후 일곱 번에 걸쳐 교육과정을 개정하고 있다. 특히 고등학교 수학교과와 경우, '교수 요목기'(194-195)를 거쳐 1955년 8월 1일 최초의 교육과정인 '제1차 교육과정'이 공포된 이후, 시대적 요구와 필요성에 따라 여러 차례의 교육과정 개정을 수행한 바, 1997년 12월 제7차 교육과정이 개편되어 현재에 이르고 있다.

제7차 교육과정 개편에 있어 고등학교 수학교과 교육과정의 개정의 방향은 다음과 같다. 첫째, 수학 교육과정이 21세기 정보화 시대에 부합되는 내용으로 재구성될 필요가 있는 바, 알고리즘적인 단순 계산에만 치중하지 않고, 수학적 사고력을 신장시키는 방향으로 그 무게 중심을 옮긴다. 둘째, 다양한 정보를 수집하고 수학적으로 분석하여 종합적으로 판단하는 능력, 학습한 수학적 개념을 다른 교과나 삶의 여러 장면에서 적절하게 활용하는 능력을 배양시킬 수 있는 교육과정을 지향하도록 한다. 셋째, 통계는 사회를 살아가는 열

1) (560-759) 전북 완산구 효자동 3가 1200, 전주대학교 여론통계학과, 교수. E-mail: ckh414@jj.ac.kr

쇠라고 표현한 어느 학자의 말처럼 확률과 통계의 중요성이 점차 증가되고 있으므로, 최근의 시대적 조류를 수학 과목과 내용의 선정에 반영할 필요가 있는 바, ‘확률과 통계’, ‘이산수학’을 선택교과로 신설한다 (교육인적자원부, 2001).

이와 같은 개정의 방향에 맞추어 개편된 제7차 고등학교 수학교과 교육과정의 특징은, 첫째 단계형 수준별 교육과정의 구성, 둘째 선택중심 교육과정의 구성 및 다양한 선택과목의 설정, 셋째 학습내용의 적정화, 넷째 심화과정의 제시, 다섯째 교육과정 구성 체제 개선, 여섯째 교육과정 목표와 진술방식의 변화, 일곱째 계산기 및 컴퓨터의 활용권장 등이다. 여기서 특이할만한 사항으로는, 정보화 시대에 필요한 확률과 통계의 기본 개념과 원리를 학습하기 위하여, 다양한 통계자료와 정보를 처리하고 우연현상을 이해할 수 있도록 하기 위한 과목으로 ‘확률과 통계’를 심화선택과목으로 설정했다는 점을 들 수 있다.

한편 제7차 교육과정 개편에 따라 설정된 고등학교 수학교과 중 확률·통계관련 내용이 다루어지고 있는 교과목 및 영역은, ‘수학 10-가’의 ‘산포도와 표준편차’, ‘실용수학’의 ‘생활통계’, ‘수학 I’의 ‘확률과 통계’ 그리고 ‘확률과 통계’의 ‘자료의 정리와 요약’, ‘확률’, ‘확률변수와 확률분포’, ‘통계적 추정’ 등이다.

이러한 측면에서 보았을 때 고등학교 수학교과 구성에 있어, 확률·통계관련 내용이 과거에 비하여 양적으로 많이 증대되었음을 알 수 있다. 이에 더하여 내용적인 측면에서도 확률·통계관련 각 영역이 단위 목표를 제대로 달성될 수 있도록 구성된다면, 정보화 사회에 요구되는 보다 효율적인 통계교육이 이루어질 수 있을 것이다.

이에 본 논문에서는 상기 언급된 고등학교 수학교과 중 확률·통계관련 내용이 단원의 학습목표를 달성할 수 있도록 구성되어 있는지, ‘연결망분석(network analysis)’을 활용하여 알아보고자 한다. 즉 제7차 고등학교 수학교과 중 확률·통계 관련 내용이 개편의 목적 및 방향에서 제시된 내용대로 단원이 구성되어 있는지를, 제7차 고등학교 수학 교육과정 해설서에 제시된 중심용어와 기호를 중심으로 연결망분석 (김용학, 2003a, 2003b)을 통하여 살펴봄으로써, 문제점을 알아보고자 한다. 이를 통하여 향후 교과서 개정이나 또는 교육과정 개편 시, 도출된 문제점을 해소하여 확률·통계 관련 각 영역이 단위 목표를 제대로 달성하도록 구성되는데 크게 기여할 것으로 기대해 본다. 단, 본 논문은 탐색적 성격의 연구로 J출판사 ‘수학 I’ (이강섭 등, 2007)을 분석대상으로 활용한 바, 일반화에는 신중을 기할 필요가 있음을 미리 밝힌다.

2. 연구내용 및 문제

실제 교육현장에서 고려되는 확률·통계 지도의 의의를 김남희 등 (2006)을 토대로 살펴보면 다음과 같다. 무엇보다도 확률·통계 영역에서 경험하는 추론은 다른 영역에서 결코 경험할 수 없는 성격이 있기 때문에, 고유의 사고과정을 경험시킨다는 의미에서 지도의 의의를 찾을 수 있다. 나아가 과거 및 현재의 여러 현상을 체계적으로 수량화하거나 그래프로 정리하고 분석하여 원인이나 상관관계를 밝혀내고 이를 기반으로 확률·통계가 인류의 전반적인 발전에 기여한다는 것을 학생들이 이해하도록 하는 것이 확률·통계 영역을 지도하는 매우 중요한 목표라고 할 수 있다.

표 2.1: 고등학교 수학 교과과정 중 확률·통계 영역의 구성내용

10단계	10-가	10-나
	<ul style="list-style-type: none"> 산포도와 표준편차 	수학 I
11단계	<ul style="list-style-type: none"> 경우의 수, 순열, 조합, 이항정리 확률의 뜻, 확률의 계산, 확률분포, 통계적 추정 	
	실용수학	확률과 통계
12단계 (선택과목)	<ul style="list-style-type: none"> 여러가지 그래프와 표 	<ul style="list-style-type: none"> 도수분포표와 히스토그램, 줄기-잎 그림
	<ul style="list-style-type: none"> 평균과 분산 	<ul style="list-style-type: none"> 대표값, 산포도
	<ul style="list-style-type: none"> 확률의 뜻과 활용 	<ul style="list-style-type: none"> 확률의 뜻과 성질, 확률의 계산, 조건부확률
	<ul style="list-style-type: none"> 기댓값 	<ul style="list-style-type: none"> 이산확률변수, 연속확률변수, 기댓값과 분산
	<ul style="list-style-type: none"> 이항분포의 활용 	<ul style="list-style-type: none"> 이항분포, 정규분포
	<ul style="list-style-type: none"> 정규분포의 활용 	<ul style="list-style-type: none"> 모집단과 표본, 표본평균과 그 분포
	<ul style="list-style-type: none"> 여론조사 	<ul style="list-style-type: none"> 모평균의 추정, 모비율의 추정

또한 고등학교 교육과정 해설 5 (교육인적자원부, 2001)에 제시된 확률·통계지도의 의미, 교육내용, 학습지도상의 유의점 등을 종합하면, 확률·통계를 학습할 때 자료를 수집하고 분석하며, 문제상황에 비추어 해석하는 등 실용적이고 활동적인 관점이 적극적으로 반영되어 있음을 확인할 수 있다. 참고로 NCTM (National Council of Teachers of Mathematics, 2000)에서는 확률·통계를 ‘자료분석과 확률’이라는 영역으로 제시하고 있는데, 여기에서 제시하는 확률·통계의 지도 의미 또한 우리나라 교육과정에서 설정한 지도 의미와 매우 흡사하다.

이와 같은 지도 의미 및 목표에 따라 개편된 제7차 고등학교 수학 교과과정 중, 확률·통계 영역의 구성내용을 살펴보면 표 2.1와 같다. 즉, 오늘날 교육현장에서 활용되는 모든 고등학교 수학 교과서의 확률·통계 영역은 표 2.1를 토대로 그 내용이 구성되어 있다.

그런데 구성의 내용적인 측면 외에, 실제 기술(description)적 측면에서 확률·통계관련 각 영역이 단위 목표를 제대로 달성될 수 있도록 구성되지 못한다면, 정보화 사회에 요구되는 보다 효율적인 통계교육이 이루어질 수 없을 것이다. 이에 본 연구에서는 표 2.1에 제시된 고등학교 수학교과 중 확률·통계관련 내용이 단원의 학습목표를 달성할 수 있도록 구성되어 있는지를, 제7차 고등학교 수학 교육과정 해설서에 제시된 중심용어와 기호를 중심으로, ‘연결망분석(network analysis)’을 활용하여 알아보려 한다.

부연하면, 본 연구에서 수행하고자 하는 구체적인 연구문제는 다음과 같다. 현재 교육현장에서 활용중인 고등학교 수학교과 중 확률·통계 관련 내용이 단원의 학습목표를 달성할 수 있도록 구성되어 있는지, J출판사 ‘수학 I’ (이강섭 등, 2007)을 대상으로 연결망분석을 통한 의미구조 분석 및 각 단계별 정리·비교와 함께 문제점을 지적해 본다.

3. Ucinet6을 활용한 연결망분석

설정된 연구문제를 해결하기 위한 연결망분석을 위해서는 먼저 교육현장에서 활용 중인 교과서를 대상으로, 제7차 교육과정 개편 시 목표달성을 위하여 각 단위별로 제시된 중

표 3.1: '수학 I'의 '통계' 단원

지도의의	<ul style="list-style-type: none"> 어떤 집단의 경향이나 성격 등을 조사하려면 그 집단의 개개 원소들의 분포상태를 조사하고 수량으로 나타낼 필요가 있다. 이를 위해 확률변수, 확률분포 등에 관한 지식이나 계산능력을 기른다.
내용개요	<ul style="list-style-type: none"> 확률분포와 통계적 추정을 학습하게 한다.
	<ul style="list-style-type: none"> 확률변수, 확률분포, 이산확률변수, 연속확률변수, 확률분포, 확률밀도함수, 이항분포, 큰수의 법칙, 정규분포, 정규분포곡선, 표준화, 표준정규분포, 표본, 전수조사, 표본조사, 모집단, 임의추출, 모평균, 모표준편차, 표본평균, 표본표준편차, 추정, 신뢰도, 신뢰구간, $\Pr(X = x)$, $E(X)$, $V(X)$, $B(n, p)$, $N(m, \sigma^2)$.

심용어를 파악하도록 한다. 다음 연결망분석을 활용하여 연결망과 함께, 밀도, 구조적특새, 중심성분석 등을 계산하여 의미구조를 파악해 보도록 한다. 본격적인 연결망분석을 실시하기에 앞서 상기 용어들에 대해 알아보면 다음과 같다.

- 밀도 - 구축된 네트워크에서 점(node)들 간 라인의 많고 적음
- 구조적특새 - 한 노드가 다른 노드들과의 연계에서 중복되지 않고 그 노드를 통해서만 다른 노드들과 연계되는 바로 그 위치를 의미
- 중심성분석 - 각 노드의 구조적 위치를 계량화하고 이를 분석하는 작업

한편 '수학 I' (이강섭 등, 2007)의 '통계' 단원에 대한 지도의의, 내용소개, 중심용어를 정리해 보면 표 3.1과 같다.

이제 연구문제의 해결의 첫 단계로, J출판사 '수학 I' (이강섭 등, 2007)의 '통계' 단원에 나타나는 중심용어에 대한 'MDS(multi-dimension scaling)'와 '밀도'를 구해보자. 참고로 본 연구에서는 연결망분석에서 범용적으로 사용하는 Ucinet6 소프트웨어를 활용하였는데, Ucinet6은 <http://www.analytictech.com/downloaduc6.htm>에서 무료로 다운로드 받을 수 있다.

그림 3.1로부터 '확률변수', '표본평균' 등이 중심에 위치하고 있으며, 확률분포 및 통계적 추정과 관련된 용어들이 떨어져서 위치하고 있음을 개략적으로 알 수 있다. 한편 연결망 밀도(density)란 가능한 총 관계 수 중에서 실제로 맺어진 관계 수의 비율로, 포괄성(inclusiveness)과 연결정도(degree) 개념을 토대로 측정되는데, 그 크기가 0-1 범위의 값을 갖는다. 밀도 0은 하나도 연결이 안 된 네트워크이며, 밀도 1은 모든 노드들이 서로 연결된 네트워크를 의미한다. 그런데 J출판사 '수학 I' (이강섭 등, 2007)의 '통계' 단원의 경우는 밀도의 크기가 0.86으로, 노드들 간 연결의 정도가 매우 높은 것으로 나타났다.

이에 더하여 연결망을 알아보기 위하여, J출판사 '수학 I' (이강섭 등, 2007)의 '통계' 단원에 나타나는 중심용어를 토대로 연결망을 그려보면 그림 3.2와 같다.

그림 3.2에서 두 용어 간 연결선의 굵기는 한 소절 안에서 동시에 나타나는 빈도수가 많음을 의미한다. 따라서 '확률변수'와 '확률분포'가 가장 빈번하게 나타나고, 다음으로 '표본'과 '임의추출' 등이 함께 자주 나타남을 알 수 있다. 이에 반하여 '모집단'과 '추정'은 직

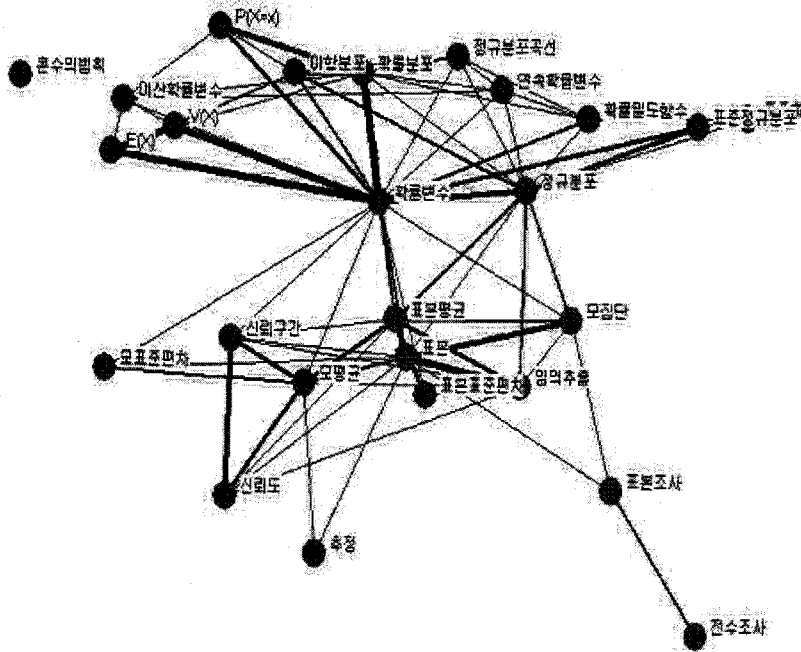


그림 3.2: '수학 I'의 '통계' 단원에 나타난 중심용어의 연결망

틈새에 해당하는 용어로 나타났는데, 이는 매우 바람직한 결과라 생각된다. 즉, 확률변수를 매개로 확률분포에 대한 개념과 통계적 추정에 대한 개념을 연결하는 서술구조는 통계적인 측면에서 매우 잘된 표현이다.

한편, 중심성(centrality)은 한 노드가 전체 네트워크에서 중심에 위치하는 정도를 표현하는 지표로, 그 측정지표에는 여러 가지가 있으나 여기에서는 인접 중심성(closeness)에 대해서 알아보도록 하겠다. 인접 중심성은 연결망의 한 결점으로부터 다른 결점에 도달하는데 필요한 최소단계의 총합으로, 이 지표가 작을수록 연결망의 중앙에 위치함을 의미한다. '수학 I' (이강섭 등, 2007)의 '통계' 단원에 나타난 중심용어 연결망에 대한 인접 중심성 지표는 표 3.2와 같다. 표 3.2에서 거리(Farness)는 경로거리의 총합이다. 인접성(Closeness)은 거리의 역(1/Farness)이며, 표준화 인접성(nCloseness)은 인접성을 논리적으로 가능한 최소 인접성의 역수로 나누어 준 값이다. 따라서 '수학 I' (이강섭 등, 2007)의 '통계' 단원에 있어서는, 중심용어 '확률변수'와 '표본평균'의 인접 중심성이 가장 높음을 알 수 있다.

참고로 본 논문에서 활용하는 연결망분석이란, 구조나 연결망 형태의 특징을 도출하고 관계성으로 체계의 특성을 설명하거나 체계를 구성하는 단위의 행위를 설명하는 것이다 (김용학, 2003b). 연결망분석을 위한 자료는 행렬의 형태를 띤다. 행렬에서 각 셀(cell)은

표 3.2: '수학 I' '통계' 단원에 나타난 중심용어 연결망에 대한 인접 중심성 지표

중심용어	Farness	nCloseness	중심용어	Farness	nCloseness
확률변수	235	10.638	$E(X)$	250	10.000
표본평균	235	10.638	확률밀도함수	251	9.960
표본	236	10.593	신뢰도	259	9.653
정규분포	239	10.460	신뢰구간	259	9.653
모평균	244	10.246	모표준편차	260	9.615
모집단	247	10.121	표본조사	625	4.000
이항분포	247	10.121	진수조사	625	4.000
임의추출	247	10.121	이산확률변수	650	3.846
표준정규분포	248	10.081	연속확률변수	650	3.846
확률분포	249	10.040	표준화	650	3.846
표본표준편차	250	10.000	추정	650	3.846
$\Pr(X = x)$	250	10.000	정규분포곡선	650	3.846
$V(X)$	250	10.000	큰수의 법칙	650	3.846

i 와 j 사이의 관계를 나타낸다. 이때 상호작용이 있는지 없는지에 따라, i 와 j 의 관계가 이분법으로 표현되거나 관계의 강도가 숫자로 표현되기도 한다. 본 연구에서는 한 소절에서 두 중심용어가 함께 출현하는 빈도를 세고, 이를 활용하여 연결망을 구성하도록 한다.

추가적으로 B출판사 '실용수학' (김원경 등, 2007)의 '생활통계' 단원에 나타나는 중심용어를 토대로 연결망을 그려보면 그림 3.3과 같다. 그림 3.3에서 볼 수 있듯이 용어 '진수조사'와 '표본조사'는 여타의 항목과 연결이 되지 않고 있어, 역시 기술상에 문제점을 내포하고 있다. 따라서 표본조사를 수행하기 위해서는 표본을 추출해야 하고 나아가 표본조사의 목적은 모수를 추정하는데 있으므로, 용어 '표본조사'는 '임의추출', '표본' 그리고 '추정' 등의 용어가 함께 표현되도록 기술할 필요가 있다.

4. 결론

현대 수학교육의 목표는 수학을 학습하기를 원하는 사람에게 그가 원하는 수학을 충분히 이해하고 이를 이용하여 수학적 문제를 해결하는 능력을 신장시켜 주며, 수학에 대한 긍정적이고 적극적인 태도를 함양시켜 주는 것이다.

이를 위하여 우리나라에서는 7차에 걸쳐 교육과정을 개편하여 오고 있다. 특히 1997년부터 시작된 제7차 수학과 교육과정의 개정 방향은 종래의 계산이나 단순 기능 중심의 교육에서 벗어나 21세기의 정보화 기반사회에서 자기 주도적으로 지적 가치를 창출할 수 있는 자율적이고 창의적인 인간의 육성에 목표를 두고 있다. 따라서 학교수학은 수학의 기본 개념, 원리를 근거로 추론하고 수학을 사용한 정보처리 능력, 실생활이나 다른 교과 영역에서 수학적 문제를 해결하는 능력, 수학적 창의력, 수학적 소양을 길러 주는데 초점을 두고 있다. 그런데 이와 같은 목표를 학습자가 제대로 달성하기 위해서는, 교과서의 구성이 개편의 의도가 잘 반영될 수 있도록 기술되어야만 한다.

본 논문에서는 연구방법으로서의 연결망분석(network analysis)에 대한 소개와 함께,

참고문헌

- 교육인적자원부 (2001). <고등학교 교육과정 해설 5 수학>, 교육인적자원부.
- 김남희, 나귀수, 박경미, 이경화, 정영옥, 홍진곤 (2006). <수학교육과정과 교재연구>, 경문사.
- 김원경, 박배훈, 조민식 (2007). <실용수학>, 범문사.
- 김용학 (2003a). <사회연결망 이론>, 박영사.
- 김용학 (2003b). <사회연결망 분석>, 박영사.
- 이강섭, 허민, 김수환, 이정례, 임영훈, 왕규채, 송교식 (2007). <수학 I>, 지학사.
- 이상복 (2004). 중등교육과정에서 통계교육의 문제, <한국통계학회 통계교육상담연구회 워크숍>.
- 전중우, 김우철 (1997). <확률론 입문>, 영지문화사.
- 허명희 (2007). 고등학교 수학 I 「통계」에 대한 고찰, <응용통계연구>, 20, 159-165.
- National Council of Teachers of Mathematics (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*, Reston, VA: Author.

[2008년 1월 접수, 2008년 2월 채택]

Network Structure and Analysis on the Meaning of Probability · Statistics in the High School Mathematics Curriculum

Kyoung-Ho Choi¹⁾

Abstract

According to the 7th reform of high school education curriculum, contents on probability and statistics in mathematics of high school curriculum have been expanded compared to the previous curriculum. Thus if the curriculum contains the contents to achieve the goals for probability and statistics, more efficient education on statistics is expected to meet the needs of information age.

In this thesis, we studied through network analysis if contents on probability and statistics in mathematics of high school curriculum are composed to achieve the goals. We reviewed contents on probability and statistics in mathematics of the 7th reform of high school curriculum whether they are conformed the purpose and direction of the reform or not. As a result, the concept of probability distribution and statistical estimation with a random variable was described clearly. But, census and sample survey were not connected with other items. In a part, there were expressional mistakes.

Keywords: Curriculum; probability-statistics; network analysis.

1) Professor, Department of Data Science, Jeonju University, Jeonju 560-759, Korea.
E-mail: ckh414@jeonju.ac.kr