응용통계연구 제 18권 2호, 2005년, pp. 453-469

제 7차 수학과 교육과정에 따른 실용수학과 수학 I 확률 및 통계단원 분석

장대흥[1] 이효정[2]

요 약

우리나라 초·중·고등학교 확률 및 통계영역 교육은 1997년 교육 인적 자원부 고시로 제 7차 수학과 교육과정이 개정되어 현재 초·중·고등학교 현장에서 시행되고 있다. 교과서 전수 조사를 통하여 제 7차 수학과 교육과정에 따른 실용수학 및 수학 I 확률 및 통계단원을 분석하였고 제 6차 수학과 교육과정과 비교, 검토하였다.

주요용어: 제 6차 수학과 교육과정,제 7차 수학과 교육과정, 확률 및 통계교육

1. 서론

해방이후 지금까지 우리나라 초·중·고등학교 수학과 교육은 교수요목 시대를 거쳐 7차에 걸쳐 개정되어 왔다. 1997년 교육 인적 자원부 고시로 제 7차 수학과 교육과정이 개정되어 현재 초·중·고등학교 현장에서 시행되어 오고 있다. 확률 및 통계교육도 이러한 수학과 교육 과정의 한 부분으로서 시행되어진다. 이 점이 확률 및 통계 교육에 문제점을 일으킨다. 즉, 확률을 고도로 추상적이며 형식적인 방법으로 가르치고, 공부하기 때문에 확률에 대해 학생들이 혐오감을 가지게 되고, 그런 연장선상에서 통계에 대한 부정적인 시각을 갖게 된다. 또한 대부분 수학교육을 전공한 교사가 수학과 교육과정의 일환으로 확률 및 통계교육을 가르치기 때문에 원론적이고, 수리적인 접근만 이뤄질 뿐 실험을 병행하는 교육이 되지 못하고 있다. 김희곤과 손중권(2004)은 이러한 고등학교에서의 통계교육의 문제점과 개선방향에 대하여 언급하였다.

장대흥과 이효정(2005)의 '제 7차 수학과 교육과정에 따른 1-10단계 확률 및 통계단원 분석' 에 대한 후속 작업으로서 본 논문에서는 교과서 전수 조사를 행하여 제 7차 수학과 교육과정에 따른 실용수학과 수학 I 확률 및 통계단원을 분석하여 확률 및 통계영역 교육의 현황을 파악하고 문제점을 제시하였다.

2. 확률과 통계 영역 현황 조사 및 분석

2.1. 확률과 통계영역 목표 및 내용 체계

제 7차 수학과 교육과정의 편성·운영 지침에 보면 1학년에서 10학년까지의 10년 동안은 국민 공통기본 교육과정을 편성, 운영하는 것으로 되어 있고, 10단계의 각 단계별로 학

1) (608-737)부산광역시 남구 대연3동 599-1 부경대학교 수리과학부 통계학전공, 교수
E-mail: dhjang@pknu.ac.kr
2) (608-737)부산광역시 남구 대연3동 599-1 부경대학교 교육대학원 수학교육전공, 석사과정

기를 단위로 하는 2개의 하위 단계(가, 나)를 설정하여 단계형 수준별 교육 과정을 운영한다. 1-10단계의 국민 공통 기본 교육과정 후 11, 12단계에서는 선택과목으로서 '실용수학', '수학 I', '수학 II', '미분과 적분', '확률과 통계', '이산수학'을 대상으로 선택하도록 하였다. 이 중 확률과 통계영역이 들어가 있는 과목은 '실용수학', '수학 I'과 '확률과 통계'이다. 1-10단계의 국민 공통 기본 교육과정에서는 확률과 통계영역은 6개 영역(수와 연산, 도형, 측정, 확률과 통계, 문자와 식, 규칙성과 함수) 중 하나이다. 실용수학에서는 4개 영역(계산기와 컴퓨터, 경제 생활, 생활 통계, 생활 문제 해결) 중 하나의 영역, 수학 I 에서는 3개 영역(대수, 해석, 확률과 통계) 중 하나의 영역이다. 제 7차 수학과 교육과정 중 실용수학 및 수학 I 에서의 확률과 통계영역 목표 체계와 내용체계는 다음 표 2.1과 표 2.2와 같다. 실용수학과 수학 I 모두 목표체계에서 '실생활 문제'를 강조하고 있으나 실제 교과서들에서 언급한 자료의 유형을 보면(표 A.2 참조) '실생활 문제'가 큰 부분을 차지하지 못 하고 있음을 알 수 있다. 이러한 현상은 수학 I 에서 더욱 심하다.

표 2.1: 확률과 통계영역 목표 체계표

과목명	목표
실용수학	실생활의 여러 가지 자료를 정리, 표현, 처리, 해석할 수 있다.
수학 I	확률과 통계의 기본 개념과 원리를 이해하고, 이를 활용하여 여러 가지 실생활 문제를 해결할 수 있다.

표 2.2: 확률과 통계영역 내용 체계표

과목명/영역	내 용	
실용수학 생활 통계	자료의 정리와 요약	· 여러 가지 그래프와 표 · 평균과 분산
	확률과 통계의 활용	· 확률의 뜻과 활용 · 기대값 · 이항분포의 활용 · 정규분포의 활용 · 여론조사
수학 I 확률과 통계	순열과 조합	· 경우의 수 · 순열 · 조합 · 이항정리
	확률	· 확률의 뜻 · 확률의 계산
	통계	· 확률 분포 · 통계적 추정

2.2. 확률과 통계영역에 대한 현황조사

실용수학 4종, 수학 I 12종 전수조사를 행하였다. 편의상 실용수학 4종은 A-D로, 수학 I 12종은 A-L로 표기하였다.

제 7차 수학과 교육과정에서 정의한 용어 및 기호는 다음 표 2.3과 같았다. 실용수학과 수학 I 에서 정의되지 않은 용어는 다음 표 2.4와 같았다. 실용수학과 수학 I 모두 '표본분산'이라는 용어가 빠져 있다. 표본표준편차를 정의하기 위하여서는 표본분산을 먼저 정의하여야 한다.

실용수학 4종과 수학 I 12종 각각에 대하여 교과서를 구성하고 있는 중요 요소를 다음 표 2.5와 같이 구분하고, 이 기준을 이용하여 부록에 있는 표 A.1과 같이 정리하였다.

표 2.3: 제 7차 수학과 교육과정에서 정의한 용어 및 기호

실용수학 영 역	용어와 기호
생활 통계	평균, 분산, 표준편차, 확률, 조합, 기대값, 이항분포, 정규분포, 표준화, 모집단, 표본, 전수조사, 표본조사, 임의추출, 모평균, 표본평균, 모비율, 표본비율, 구간추정, ${}_nC_r$, $E(X)$, $V(X)$
수학 I 내 용	용어와 기호
순열과 조합	순열, 계승, 원순열, 중복순열, 조합, 이항정리, 이항계수, 파스칼의 삼각형, ${}_nP_r$, $n!$, ${}_nC_r$, ${}_n\Pi_r$
확 률	시행, 사건, 확률, 통계적 확률, 수학적 확률, 여사건, 배반사건, 조건부확률, 종속, 독립, 독립시행, $P(A)$, $P(B\|A)$
통 계	확률변수, 이산확률변수, 연속확률변수, 확률분포, 확률밀도함수, 이항분포, 큰수의 법칙, 정규분포, 정규분포곡선, 표준화, 표준정규분포, 표본, 전수조사, 표본조사, 모집단, 임의추출, 모평균, 모표준편차, 표본평균, 표본표준편차, 추정, 신뢰도, 신뢰구간, $P(X=x)$, $E(X)$, $V(X)$, $B(n,p)$, $N(m,\sigma^2)$

표 2.4: 실용수학과 수학 I 에서 정의되지 않은 용어

단계	정의되지 않은 용어
실용수학	수학적확률, 통계적 확률, 이산확률변수, 연속확률변수, 모표준편차, 표본표준편차, 모분산, 표본분산
수학 I	모비율, 표본비율, 모분산, 표본분산

표 2.5: 교과서 구성 요소

구성요소	설명
본문 쪽수	확률과 통계 영역이 차지하는 쪽수
본문 비율	확률과 통계 영역 쪽수가 전체 영역 쪽수에서 차지하는 비율(%)
도표	다이아그램과 표
그래프	통계그래프(히스토그램, 꺾은선그래프, 막대그래프, 그림그래프 등)
수형도	수형도
삽화, 사진	삽화와 사진
준비학습	준비학습을 위한 물음
예제	예제, 예, 보기
참고	참고, 보충, 주의, 도움말
문제	본문 중의 문제
연습, 종합문제	확인학습문제, 연습문제, 종합문제
읽을거리	단원 시작과 끝에 나타나는 읽을거리

가장 큰 특징은 삽화·사진에 있어서 출판사 별로 큰 차이를 나타내고 있다는 것이다. 실용수학에서는 최소 12개, 최대 60개로 5배의 차이가 나고, 수학 I 에서는 최소 41개, 최대

112개로 약 3배의 차이가 나는 것을 알 수 있다. 본문의 설명을 돕기 위한 수단인 도표, 그래프, 수형도, 삽화·사진 중 삽화·사진의 개수가 월등히 많았다. 본문 비율은 실용수학과 수학 I 모두 약 30%대이었다.

실용수학 4종과 수학 I 12종에 있는 예제, 문제, 연습문제, 종합문제에 나와 있는 자료들의 유형을 조사하니 부록에 있는 표 A.2과 같았다. 실용수학에서는 자료의 유형으로서 '사회/경제'가 차지하는 비율이 30%대로 제일 높았으나 수학 I 에서는 자료의 유형으로서 '사회/경제'가 차지하는 비율이 10%대로 낮았다. 수학 I 에서는 자료의 유형 중 '주사위/동전/구슬/공/당첨제비'가 차지하는 비율이 적게는 25%, 많게는 50%로 제일 높았다. '주사위/동전/구슬/공/당첨제비' 에다가 '숫자/문자/그림카드' 까지 합치면 이 두 유형이 차지하는 비율이 적게는 31%, 많게는 무려 63%이였다(평균: 40%대). 반면 실용수학에서는 이 두 영역이 차지하는 비율이 평균 10%대였다.

자료 제공처를 명기한 그래프와 도표 현황과 데이터로 쓰인 홈페이지 주소와 data set 현황을 파악하니 각각 부록에 있는 표 A.3와 표 A.4와 같았다. 표 A.3와 표 A.4로부터 다음과 같은 특징을 알 수 있었다.

1. 자료의 원천이 되는 웹 홈페이지 주소를 명기하고 있다.
2. 인용되는 그래프와 도표 중 자료 제공처를 명기한 비율이 극히 저조하다. 실용수학에서는 최소 3.3%, 최대 17.5%이었고, 수학 I 에서는 최소 0%, 최대 8.9%이었다.
3. 수학 I 에서 자료는 제공하지 않고 웹 홈페이지 주소만 언급한 경우가 42번 중 25번이나 되었다.
4. 인터넷 홈페이지 주소의 빈도수를 보면 통계청이 19번으로 제일 많이 언급되고 있고, 기상청 4번, 환경부 3번, 한국갤럽 2번, 한국자동차공업협회 2번, 대한의사협회 1번, 한국보험계리인회1번 으로 총 7개의 기관이 언급되어 있었다.

2.3. 확률과 통계영역 내용에 대한 분석

실용수학 과 수학 I 확률 및 통계 영역의 내용상의 특징은 다음과 같았다.

1. 통계적 확률의 예가 다음 표 2.6과 같이 다양하였다.
2. 연속확률분포를 설명할 때 사용한 개념은 표 2.7와 같이 '연속일양분포'와 '히스토그램의 극한'이라는 두 가지이었다.
3. 수학 I 에서 '이항분포의 정규근사' 판정기준이 제 6차 수학과 교육과정 교과서에서는 단순히 'n이 충분히 크면'이라고만 기술되어 있었으나 제 7차 수학과 교육과정 교과서에서는 많은 책들이 표 2.8과 같이 '$np \geq 5, nq \geq 5$'라고 구체적으로 기술하고 있다. 그러나 실용수학은 아예 '이항분포의 정규근사'에 대한 설명이 없거나 단순히 'n이 충분히 크면'이라고만 기술되어 있다.
4. 표 2.9에서 보는 것처럼 '모평균에 대한 신뢰구간'에서 신뢰구간의 의미에 대한 부연설명과 신뢰구간의 의미를 설명하기 위한 그림이 첨가되었다. 이러한 그림은 제 6차 수학과 교육과정 교과서에서는 없었던 그림이다.

표 2.6: 통계적 확률의 예

단계	출판사	예의 개수	통계적 확률의 예
실용수학	A	1	숫자카드
	B	2	주사위, 윷
	C	0	없음
	D	1	동전
수학 I	A	4	주사위, 동전, 생명표, 혈액형
	B	6	주사위, 동전, 윷, 생명표, 완두콩의 색깔과 모양, 시뮬레이션을 이용한 원주율 계산
	C	10	주사위, 윷, 압정, 불량률, 타율, 콩의 모양, 화재 발생률, 군인비율, 근무연수, 병뚜껑
	D	4	주사위, 윷, 신생아, 휴대전화 점유율
	E	3	주사위, 윷, 생명표, 호텔 객실 부족률
	F	5	주사위, 윷, 생명표, 불량률, 꽃의 색깔
	G	4	주사위, 윷, 불량률, 타율
	H	3	주사위, 불량률, 자동차 생산 점유율
	I	3	주사위, 생명표, 숫자관
	J	5	주사위, 불량률, 압정, 씨앗 발아율, 양궁 적중률
	K	7	주사위, 동전, 윷, 생명표, 교통사고율, 불규칙한 육면체 주사위, 자동차 생산 점유율
	L	4	주사위, 동전, 생명표, 결핵환자 발생률

* 사용 빈도: 주사위(13), 윷(7), 생명표(7),동전(5), 불량률(5)

표 2.7: 연속확률분포의 개념 및 예

단계	출판사	사용한 개념 및 예
실용수학	A	히스토그램의 극한(감자 칩 한 봉지의 무게)
	B	없음
	C	없음
	D	없음
수학 I	A	연속일양분포(회전판의 눈금)
	B	히스토그램의 극한(종이테이프의 길이)
	C	연속일양분포(회전판의 눈금)
	D	히스토그램의 극한(고등학생 발의 길이)
	E	히스토그램의 극한(포장 김치 봉지의 무게)
	F	히스토그램의 극한(비행기 출발 지연시간)
	G	연속일양분포(회전판의 눈금)
	H	연속일양분포(회전판의 눈금)
	I	히스토그램의 극한(비행기 출발 지연시간)
	J	연속일양분포(회전판의 눈금)
	K	연속일양분포(회전판의 눈금)
	L	히스토그램의 극한(고등학생 몸무게)

2.4. 확률과 통계영역 내용상의 문제점들

확률 및 통계단원의 내용상의 문제점은 다음과 같이 정리할 수 있다.

1. 1-10단계 수학교과서 뿐만이 아니라 '실용수학'과 '수학 I'에서도 집필진에 통계학자들의 참여가 거의 전무하다.
2. 통계학자와 수학교육학자 사이의 교류가 활발치 못하다. 하나의 예가 수학 I 교과서에 보면 '윷놀이(도, 개, 걸, 윷, 모)의 확률'과 '14면 주사위의 확률'에 대한 언급이 나오는 데

표 2.8: 이항분포의 정규근사 판정기준

단계	출판사	이항분포의 정규근사 판정기준
실용수학	A	n이 충분히 클 때
	B	설명이 없음.
	C	설명이 없음.
	D	n의 값이 충분히 클 때
수학 I	A	n이 $np \geq 5$ 그리고 $nq \geq 5$를 만족할 때, n을 충분히 큰 값으로 생각한다.
	B	확률변수 X가 이항분포 $B(n,p)$를 따르고, n이 충분히 크면, 즉 $np \geq 5$이고 $nq \geq 5$이면 X는 근사적으로 정규분포 $N(np, npq)$를 따른다.
	C	n이 충분히 크다는 것은 보통 $np \geq 5, nq \geq 5$임을 뜻한다.
	D	n이 충분히 클 때, X는 근사적으로 정규분포를 따른다.
	E	$np \geq 5$이고 $nq \geq 5$이면 n이 충분히 큰 것으로 생각한다.
	F	$np \geq 5$ 그리고 $nq \geq 5$일 때
	G	보통 $np \geq 5, nq \geq 5$ 이면 충분히 큰 n으로 생각한다.
	H	n이 충분히 크다는 것은 $np \geq 5$이고 $nq \geq 5$일 때를 말한다.
	I	$np \geq 5$ 이고 $nq \geq 5$일 때
	J	$p \leq 1/2$일 때, $np \geq 5, nq \geq 5$이면 n은 충분히 큰 수로 본다.
	K	n이 충분히 크면
	L	n이 $np \geq 5$ 그리고 $nq \geq 5$를 만족할 때 n을 충분히 큰 값으로 생각한다.

표 2.9: 신뢰구간의 의미를 설명하기 위한 그림의 유무

단계	출판사	신뢰구간의 의미를 설명하기 위한 그림의 유무
실용수학	A	×
	B	○
	C	○
	D	×
수학 I	A	○
	B	○
	C	○
	D	○
	E	○
	F	×
	G	○
	H	○
	I	○
	J	○
	K	○
	L	○

(○ : 설명이 있음, × : 설명이 없음.)

이 두 문제는 통계학회 저널에 여러 학자(허명회(1994), 김미경과 허명회(1995), 채경철과 이충석(1995), 박진경과 박홍선(1996))에 의하여 언급되고 연구된 주제인 데 이러한 연구

들의 결과를 수학 I 교과서에서 채택하거나 언급하지 않고, 오히려 잘못된 결과를 제시하고 있거나 결과를 제시하지 못하고 있다. 윷의 확률은 p (평면이 출현할(배가 보일) 확률)에 따라 '도, 개, 걸, 윷, 모'의 출현확률이 달라지는 데 박진경과 박흥선(1996)에 따르면 시중에 판매되는 12종의 윷을 조사하니 9개는 $0.5 < p < 0.6$이었고 $p = 0.6$인 것이 1개, 최소가 $p = 0.444$, 최대가 $p = 0.631$이었다. 그런데, 실용수학 및 수학 I 교과서를 검토하여 보면 다음 표 2.10과 같이 1종에서 비현실적인 $p = 0.36$를 제시하고 있고 1종에서는 같은 교과서에 아무 설명이 없이(윷에 따라서 p가 달라진다는 설명이 없이) $p = 0.45$와 $p = 0.572$ 두 가지 p를 제시하고 있다. 용어도 윷의 등/배, 윷의 윗면/윷의 아랫면, 윷짝의 겉면/안(쪽) 면, 윷의 둥근 면/평평한 면 등 다양하게 쓰여 혼동을 일으킬 소지가 있다.

표 2.10: 윷의 확률

단계	출판사	용어	확률
실용수학	A	없음	
	B	윷의 윗면이 나오는 확률	$1-p = 0.64(p = 0.36)$
	C	없음	
	D	없음	
수학 I	A	없음	
	B	없음	
	C	없음	
	D	윷짝의 겉면이 나오는 확률	$1-p = 0.54(p = 0.46)$
	E	윷짝의 안쪽 면이 나오는 확률	$p = 0.6$
	F	윷의 평평한 면이 나오는 확률	$p = 0.598$
	G	도, 개, 걸, 윷, 모가 나오는 도수	$0.6 < p < 0.6135$
	H	없음	
	I	없음	
	J	없음	
	K	윷의 안면이 나오는 확률	$p = 0.45$
		윷의 겉면이 나오는 확률	$1-p = 0.428(p = 0.572)$
	L	윷등이 나오는 확률	$1-p = 0.4(p = 0.6)$

G:

면이 나오는 횟수	0(모)	1(도)	2(개)	3(걸)	4(윷)	합계
도수	8	18	30	34	10	100
상대도수	0.08	0.18	0.30	0.34	0.10	1

걸>개>도>윷>모($0.6 < p < 0.6135$)

3. 확률변수의 개념을 함수로 정의한 책이 실용수학에서는 4종 중 2종, 수학 I 에서 12종 중 5종이다. 이 때 유도된 확률(induced probability)의 개념이 미약하다.
4. 이산확률변수에 대한 정의에 문제가 있다. 대부분의 책이 유한개인 경우만 언급하고 있다.
5. 확률질량함수에 대한 정의는 없는 반면, 확률밀도함수에 대한 정의는 있다.

6. 표본분산의 문제를 살펴보면 '10-가' 단계 수학교과서에서 자료의 분산을 $s^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}{n}$로, '수학 Ⅰ'과 '실용수학' 교과서에서 표본분산을 $S_n^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i-\bar{X})^2}{n}$로 정의하고 있다. 이러한 표본분산은 추정의 입장에서는 편의추정량이다. 대학 통계학교재는 모분산 σ^2에 대한 추정량으로서 불편추정량인 $S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i-\bar{X})^2}{n-1}$을 사용한다. n이 커지면 S^2과 S_n^2의 값은 거의 같아진다. 문제가 되는 것은 n이 작을 때 S^2과 S_n^2 중 어느 추정량을 사용하는 것이 좋으냐 하는 것이다. S_n^2이 모분산 σ^2에 대한 편의추정량이기는 하나 S_n^2의 분산이 S^2의 분산보다 작게 되므로 우리는 추정량들의 평균제곱오차(Mean Square Error, MSE)의 입장에서 이러한 표본분산들을 평가하여 볼 필요가 있다. 즉, 불편성과 유효성을 동시에 고려해 볼 필요가 있다. MSE_n을 S_n^2에 대한 평균제곱오차라 하고, MSE를 S^2에 대한 평균제곱오차라 하자. 장대흥(2004)은 임의의 모집단 하에서 $MSE_n \le MSE$을 만족하려면

$$\frac{Var(S^2)}{\sigma^4} \ge \frac{1}{2n-1}$$

이 되면 된다는 것을 밝혔다. 시뮬레이션을 통하여 n이 작을 때는 평균제곱오차 입장에서는 S_n^2이 S^2보다 나은 추정량임을 보였다. 수학교사들은 표본분산으로서 S_n^2을 사용할 때 이러한 불편성과 유효성의 개념을 이해하고 학생들에게 교수하여야 한다. 더 중요한 것은 표본분산의 정의로서 어떤 것을 쓸 것인지에 대한 논의가 통계학자들과 수학교육학자들 사이에 있어야 한다.

7. 표집분포(sampling distribution)를 다룰 때 표본평균의 분포는 다루나(그 것도 유한모집단 하에서의 복원추출인 경우만) 표본분산의 분포는 다루지 않고 있다. 예로 모집단의 분포가 다음과 같을 때(이런 류의 예가 모든 교과서에 나와 있다.)

X	1	2	3	4	5	합계
$f(\cdot)$	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1

모평균 $E(X) = \mu$는 3이고 모분산 $Var(X) = \sigma^2$은 2이다. 복원추출로 표본을 두 개 뽑을 때 $\bar{X}$의 분포는 다음과 같고 이를 통하여 $E(\bar{X}) = 3 = \mu$이고 $Var(\bar{X}) = 1 = \frac{2}{2} = \frac{\sigma^2}{n}$라는 사실을 보일 수 있다.

$\bar{X}$	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	합계
$f(\cdot)$	1/25	2/25	3/25	4/25	5/25	4/25	3/25	2/25	1/25	1

모든 교과서가 이 사실까지만 서술하고 있으나, 비복원추출로 표본을 두 개 뽑을 때 다음과 같은 $\bar{X}$의 분포를 통하여 $E(\bar{X}) = 3 = \mu$이고 $Var(\bar{X}) = 0.75 = \frac{2}{2} \times \left(\frac{5-2}{5-1}\right) = \frac{3}{4} = \frac{\sigma^2}{n}\left(\frac{N-n}{n-1}\right)$이라는 사실을 보일 수 있고,

$\bar{X}$	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	합계
$f(\cdot)$	2/20	2/20	4/20	4/20	4/20	2/20	2/20	1

표본분산에 대하여서도 언급할 수 있다. 복원추출로 표본을 두 개 뽑을 때 S^2의 분포는 다음과 같고 이를 통하여 $E(S^2) = 2 = \sigma^2, Var(S^2) = 5.4$이라는 사실을 보일 수 있다.

S^2	0	0.5	2	4.5	8	합계
$f(\cdot)$	5/25	8/25	6/25	4/25	2/25	1

비복원추출로 표본을 두 개 뽑을 때는 S^2의 분포는 다음과 같고 이를 통하여 $E(S^2) = 2.5 = \frac{5}{5-1} \times 2 = \frac{N}{N-1}\sigma^2 \neq \sigma^2$, $Var(S^2) = 5.5$이라는 사실을 보일 수 있다.

S^2	0.5	2	4.5	8	합계
$f(\cdot)$	8/20	6/20	4/20	2/20	1

8. 수학 I 교과서 중 이항분포의 정규근사에 대한 언급에서 계산에만 치중되어 있다. 이러한 문제점은 장대홍(1999)에서 지적한 바가 있다. 즉, 이항분포의 정규근사가 주는 통계학적 의의는 이산분포인 이항분포가 적절한 조건 하에서 성격이 전혀 다른 연속분포인 정규분포에 가까워진다는 사실 자체에 있다.

9. 다음 표 2.11처럼 중심극한정리에서 'n이 충분히 크면'이라는 표현이 나오는 데 n이 구체적으로 얼마나 커야 하는 지 불명확하다.

표 2.11: 중심극한정리에서 표본의 크기에 대한 언급

단계	출판사	표본의 크기
실용수학	A	표본의 크기가 충분히 크면
	B	표본의 크기가 충분히 클 때
	C	표본의 크기 n이 충분히 크면
	D	n이 충분히 크면
수학 I	A	n이 충분히 크면
	B	중심극한정리가 언급되어 있지 않음.
	C	n이 충분히 크면
	D	n이 큰 수이면
	E	중심극한정리가 언급되어 있지 않음.
	F	n이 충분히 크면
	G	표본의 크기 n이 충분히 큰 수이면
	H	중심극한정리가 언급되어 있지 않음.
	I	중심극한정리가 언급되어 있지 않음.
	J	표본의 크기 n이 충분히 크면
	K	n이 충분히 크면
	L	표본의 크기 n이 충분히 크면

10. 모평균에 대한 신뢰구간에서 다음 표 2.12와 같이 모든 실용수학 및 수학 I 교과서가 95% 신뢰구간과 99% 신뢰구간을 동시에 제시하는 데 이 두 신뢰구간 사이의 관계를 언급하지 않거나 '모평균을 추정할 때 신뢰도는 높을수록, 신뢰구간의 길이는 작을수록 좋다'라고 잘 못 언급하고 있다.

표 2.12: 신뢰도 95%와 신뢰도 99%의 비교

단계	출판사	신뢰도 95%와 신뢰도 99%에 대한 언급
실용수학	A	언급되어 있지 않음.
	B	언급되어 있지 않음.
	C	언급되어 있지 않음.
	D	언급되어 있지 않음.
수학 I	A	언급되어 있지 않음.
	B	언급되어 있지 않음.
	C	모평균을 추정할 때 신뢰도는 높을수록, 신뢰구간의 길이는 작을수록 좋다. 그러나 표본의 크기 n이 일정할 때, 신뢰도를 높이면 신뢰구간의 길이는 커진다. 역으로 신뢰구간의 길이를 작게 하면 신뢰도가 낮아진다. 따라서 신뢰도를 고정시키고 신뢰구간의 길이를 작게 하려면 표본의 크기를 크게 해야한다.
	D	구간을 측정할 때는 신뢰도가 높을수록 좋으며, 신뢰구간의 길이가 작을수록 좋다. 그러나 표본의 크기가 고정되어 있을 때, 신뢰도를 높이면 신뢰구간의 길이는 커지고, 역으로 신뢰구간의 길이를 작게 하면 신뢰도가 낮아진다. 따라서 신뢰도를 고정시키고 신뢰구간의 길이를 작게 하려면 표본의 크기를 크게 해야 한다.
	E	n이 일정할 때 신뢰도가 높아지면 신뢰구간의 길이가 커짐을 알 수 있다. 또, 신뢰도가 일정할 때 n의 값이 클수록 신뢰구간의 길이가 작다는 것을 알 수 있다.
	F	언급되어 있지 않음.
	G	신뢰도는 높을수록, 신뢰구간의 길이는 작을수록 좋다. 그러나 표본의 크기n이 일정하면 신뢰도가 높을수록 신뢰구간의 길이는 커진다.
	H	언급되어 있지 않음.
	I	언급되어 있지 않음.
	J	언급되어 있지 않음.
	K	언급되어 있지 않음.
	L	언급되어 있지 않음.

11. 모평균에 대한 신뢰구간에서 모표준편차 대신 표본표준편차를 이용하여 신뢰구간을 구할 때 표본의 크기가 30보다 클 때만 정규분포를 이용할 수 있다. 표 2.13은 모표준편차 대신 표본표준편차를 이용하여 모평균에 대한 신뢰구간을 구하는 경우에 대한 언급이다. 실용수학에서 1종, 수학 I 에서 3종이 표본의 크기가 커야(30 이상)한다는 언급이 없다. 표본의 크기가 30보다 작을 때는 정규분포를 이용할 수 없고 t분포를 이용하여야 하는 데 표본의 크기가 30보다 작을 때도 그냥 정규분포를 이용하여 신뢰구간을 구하는 예들이 있다. 표 2.14를 보면 표본의 크기가 30보다 작을 때도 그냥 정규분포를 이용하여 신뢰구간을 구하는 예들이 8 군데 있음을 알 수 있다. 특히 4 군데는 표본의 크기가 20보다도 작은 예들이다. 이런 경우는 정규분포를 이용하면 아니 된다.

표 2.13: 모평균에 대한 신뢰구간을 구하는 경우에 대한 언급

단계	출판사	설 명
실용수학	A	실제로 신뢰구간을 구할 때, 모표준편차 σ의 값을 모르는 경우가 많다. 이 때, 표본의 크기가 크면(보통 30이상) σ대신에 표본표준편차 s를 대입하여 사용할 수 있다.
	B	실제로 신뢰구간을 추정할 때 모표준편차 σ는 알 수 없는 경우가 대부분이다. 이 경우에 표본의 크기가 크면 모표준편차 σ대신에 표본표준편차 s를 대입하여 추정할 수 있다.
	C	실제로는 모표준편차를 모르는 경우가 대부분이다. 이러한 경우 표본의 크기 n이 충분히 크면 σ대신 표본표준편차를 써도 별 차이가 없다는 것이 알려져 있다.
	D	실제로는 흔히 모표준편차를 모르고 있다. 그러므로 추정식에서 σ대신 표본표준편차 S를 사용한다.
수학 I	A	실제의 표본조사에서 모표준편차 σ를 모르는 경우가 대부분이므로, 모집단의 분포가 정규분포를 따르면 σ대신 표본표준편차를 사용해도 별 차이가 없음이 알려져 있다.
	B	실제의 표본조사에서는 모집단의 표준편차를 알 수 없는 경우가 대부분이다. 이러한 경우 모집단의 분포가 정규분포를 따르면 모표준편차 대신 표본표준편차를 써도 별 차이가 없음이 알려져 있다.
	C	모평균의 신뢰구간을 구할 때, 모표준편차 σ의 값을 알 수 없는 경우가 많다. 이러한 경우 표본의 크기 n이 충분히 크면 모표준편차 σ와 표본표준편차 s가 거의 같아지므로 모표준편차 σ 대신 표본표준편차 s를 사용하여도 신뢰구간을 구하는 데에는 별 차이가 없음이 알려져 있다.
	D	신뢰구간을 구할 때에는 모표준편차 σ의 값을 모르는 경우가 많으며, 표본의 크기가 크면 $(n \geq 30)$ σ대신 표본표준편차 $s = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}$을 사용해도 된다.
	E	신뢰구간을 구할 때, 실제 문제에서는 모표준편차를 모르는 경우가 많다. 이 때, 표본의 크기 n이 30이상이면 모표준편차 σ대신 표본표준편차를 사용할 수 있다는 것이 알려져 있다.
	F	실제 문제에서는 모표준편차 σ의 값을 알 수 없는 경우가 대부분이다. 이러한 경우 표본의 크기 n이 클 때에는 σ대신 표본표준편차 s를 대신 이용할 수 있다.
	G	신뢰구간을 구할 때에는 모표준편차 σ의 값을 모르는 경우가 많으므로, 표본의 크기가 크면 σ대신 표본표준편차 s를 사용하여도 된다.
	H	모표준편차 σ의 값을 알 수 없는 경우가 있으므로 표본의 크기 n이 충분히 크면 σ대신 표본표준편차 s를 이용할 수 있다.
	I	신뢰구간을 구하려면 모표준편차 σ의 값을 알아야 한다. 그러나 실제로 σ의 값은 알 수 없는 경우가 많다. 이와 같은 경우에 표본의 크기 n이 충분히 크면 σ대신에 표본표준편차의 값인 S를 사용해도 된다.
	J	모표준편차 σ를 모를 때, 표본의 크기 n이 충분히 크면 σ대신 표본표준편차 s를 사용할 수 있다.
	K	모표준편차 σ를 모를 때, 표본의 크기 n이 충분히 크면 표본표준편차 s를 대신 사용할 수 있다.
	L	설명이 없음.

12. 실용수학에서 모비율에 대한 신뢰구간을 구하는 전개과정이 없이 공식만 나와 있거나 공식이 잘못된 경우가 있었다. 다음 표 2.15를 통하여 이러한 사실을 알 수 있다.

표 2.14: 표본표준편차를 이용하여 모평균의 신뢰구간을 구할 때 쓰인 표본의 크기

단계	출판사	1	2	3	4	5	6	7	8	9
실용수학	A	25	30	40	50	100				
	B	100	50	100	30					
	C	400	400	100	100					
	D	64								
수학 I	A	100	10000	100	16					
	B	100	100	2500	400	100	25			
	C	100	400	64	100	100	64	30	256	400
	D	100	100	100						
	E	100	100	100	100	100	50	100	100	100
	F	100	100	100	25	100	100	100	64	
	G	400	100	125	100	100	25	100	49	100
	H	100	100	30	400					
	I	16	10							
	J	40	36							
	K	100	100	400	10					
	L	100	400	200	100					

표 2.15: 모비율에 대한 신뢰구간(실용수학)

출판사	표본비율 기호	문제점
A	$\bar{p}$	신뢰구간을 구하는 전개과정이 없음.
B	$\hat{p}$	신뢰도 99%인 신뢰구간이 제시되어 있지 않음.
C	$\bar{p}$	신뢰구간을 구하는 공식이 잘 못 되어 있음. $\bar{p} - 1.96\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \le p \le \bar{p} + 1.96\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$
D	$\bar{p}$	문제점이 없음.

3. 결론

2.4절에서 제시한 12가지 문제점에 대하여 단기적으로는 교사가 확률 및 통계단원 수업 시 교과서의 오류 및 문제점에 대하여 학생들에게 주지를 시켜야 하며 장기적으로는 해당 교과서의 수정이 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

교육 인적 자원부(1997). 제 7차 수학과 교육과정.
금성출판사 외 11종(2004). 수학 I 수학교과서 12종.
교학사 외 3종(2004). 실용수학 수학교과서 4종.
김미경, 허명회(1995). 윷의 확률, <한국통계학회 춘계학술발표회 논문집>, 91-96.
김희곤, 손중권(2004). 고등학교에서의 통계교육의 문제점 및 개선방향, <한국통계학회 추계학술발표회 논문집>, 17-22.
박진경, 박홍선(1996). 윷의 확률 추정에 대하여, <응용통계연구>, **9**, 83-94.
장대홍(1999). 이항분포의 정규근사에 대한 고찰, <응용통계연구>, **12**, 671-681.
장대홍(2004). 표본분산에 대한 고찰, <한국통계학회 추계학술발표회 논문집>, 141-148.
장대홍, 이효정(2005). 제 7차 수학과 교육과정에 따른 1-10단계 확률 및 통계단원 분석, <응용통계연구>, **18**, 229-249.
채경철, 이충석(1995). 14면 주사위 확률에 대한 역학적 고찰, <응용통계연구>, **8**, 179-185.
허명회(1994). 14면 주사위의 확률, <응용통계연구>, **7**, 113-119.

[2004년 11월 접수, 2005년 3월 채택]

부록

표 A.1: 교과서 구성요소 현황

단계	출판사	본문 쪽수	본문 비율	도표	그래프	수형도	삽화, 사진	준비 학습	예제	참고	문제	연습, 종합 문제	읽을 거리
실용수학	A	62	29.8	28	20	0	33	0	21	6	39	42	2
	B	78	38.6	21	17	4	60	8	22	9	46	26	2
	C	62	32.6	33	28	1	54	1	18	2	46	33	2
	D	58	32.0	29	28	0	12	0	20	3	49	25	1
수학 I	A	98	35	27	18	3	86	8	36	6	66	61	2
	B	116	37.7	41	31	5	63	2	34	18	87	59	3
	C	110	36.7	25	33	3	99	7	52	10	84	85	7
	D	134	39.2	30	37	3	112	11	31	11	106	78	4
	E	109	33.7	17	32	2	68	5	35	7	63	60	5
	F	118	36.5	27	26	5	62	9	37	0	91	83	4
	G	102	32.3	21	18	2	62	9	35	1	96	70	2
	H	94	33.1	25	26	3	90	9	31	12	68	65	6
	I	111	33.5	24	29	3	51	7	32	15	66	49	2
	J	110	35.7	33	26	4	41	8	37	1	79	71	3
	K	108	33.3	32	39	4	50	10	36	6	106	79	1
	L	110	39.9	30	30	6	81	0	31	3	111	53	3

표 A.2: 자료의 유형

단계	자료의 유형	차지하는 비율(%)			
		A	B	C	D
실용수학	자연/환경	12.9	19.5	10.7	6.1
	문화	7.1	6.1	9.3	8.4
	사회/경제	32.9	35.4	33.3	34.9
	주사위/동전/공/숫자카드/당첨제비	20	13.4	12	20.5
	고등학생에 관한 문제	11.8	14.6	21.3	22.9
	기타	15.3	11	13.4	7.2

표 A.2: 자료의 유형(계속)

단계	자료의 유형	차지하는 비율(%)											
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
수학 I	자연/환경	9.7	6.6	6.6	8.3	3.9	3.4	6.8	5.8	14.8	5.3	6.2	2.9
	문화	10.6	13.2	8.6	7.7	10.7	6.2	10.3	10.6	8.3	7.0	7.5	13.8
	사회/경제	10.6	5.9	13.2	9.8	16.5	8.9	11.6	16.3	19.4	8.8	12.3	12.3
	주사위/동전/구슬/공/당첨제비	30.2	32.4	38.4	40.6	26.2	38.4	40.4	32.7	25.9	50.9	37.0	34.1
	숫자/문자/그림카드	10.6	11.0	14.6	10.5	7.8	11.6	11.0	6.7	5.6	12.3	11.0	10.1
	고등학생에 관한 문제	16.8	13.2	7.3	6.3	15.5	18.5	7.5	8.7	14.8	13.1	12.3	11.6
	기타	11.5	17.6	11.3	16.8	19.4	13.0	13.0	19.2	11.2	2.6	13.7	15.2

표 A.3: 자료 제공처를 명기한 그래프와 도표 현황

단계	출판사	그래프와 도표의 총 개수	자료제공처를 명기한 그래프와 도표의 수	비율	자료의 유형
실용수학	A	48	3	6.3	통계청, 출판문화협회 출판 홍보부, 한국 소비자 보호원
	B	38	3	7.9	환경부(한국환경통계연감), 기상청, 통계청
	C	61	2	3.3	기상청, 환경부
	D	57	10	17.5	대한교원공제회, 한국교육개발원, 통계청[2], 중소기업청, 관세청, 통일부, 대한상공회의소, 서울시, 의료보험연합회
수학 I	A	45	4	8.9	통계청, 한국갤럽, 환경부, 통계청
	B	72	2	2.8	통계청[2]
	C	58	1	1.7	기상청
	D	67	1	1.5	OO일보
	E	49	1	2.0	통계청
	F	53	0	0	없음
	G	39	0	0	없음
	H	51	2	3.9	한국 자동차 공업 협회, 통계청
	I	53	2	3.8	통계청, www.hncbworld.com
	J	59	1	1.7	통계청
	K	71	3	4.2	통계청, 한국 자동차 공업 협회, 한국 금연 운동 협의회
	L	60	1	1.7	통계청

([ ]는 회수를 나타냄.)

표 A.4: 데이터로 쓰인 홈페이지 주소와 data set 현황

	교과서	홈페이지 주소	Data set
실용수학	A	www.nso.go.kr(통계청)	조세 부담률
	B	www.me.go.kr(환경부)	97년 9월 중 우리나라 주요도시의 먼지 함유량
		www.kma.go.kr(기상청)	2000년 1월~7월까지의 한라산 지역의 강수량
		www.nso.go.kr(통계청)	1999년 1월~12월까지의 서울과 부산의 실업률
	C	www.kma.go.kr(기상청)	1988년 1월 중 서울의 평균기온
		www.me.go.kr(환경부)	대전과 울산의 대기 중 오존의 농도
	D	없음	없음

표 A.4: 데이터로 쓰인 홈페이지 주소와 data set 현황(계속)

	교과서	홈페이지 주소	Data set
수학 I	A	www.nso.go.kr(통계청)	나이별 생존자 수
			차량 연료의 종류
			인터넷주소만 있음
		www.me.go.kr(환경부)	주요 도시별 대기 오염물질의 변화 추이
		www.gallop.co.kr(한국갤럽)	하반기 경제전망
	B	www.nso.go.kr(통계청)	1995년~2000년 화재발생건수
			1999년 생명표
		www.mstat.com.ne.kr/4story/story3.htm	인터넷주소만 있음
		my.netian.com/~ohnamjin	인터넷주소만 있음
		soback.kornet.net/~himath/m1/pro11.htm	인터넷주소만 있음
		cosmos.chanwon.ac.kr/~s96309007/chu.html	인터넷주소만 있음
	C	www.actuary.or.kr(한국보험계리인회)	인터넷주소만 있음
		www.hncbworld.com	인터넷주소만 있음
		www.kma.go.kr(기상청)	2000년 12월 한 달 동안 서울의 날짜별 최고기온(°C)
		www.nso.go.kr(통계청)	인터넷주소만 있음
	D	www.nso.go.kr(통계청)	인터넷주소만 있음
	E	www.nso.go.kr(통계청)	생명표(1999년)
			인터넷주소만 있음
			인터넷주소만 있음
		www.kma.go.kr(기상청)	일기예보
	F	없음	없음
	G	www.nso.go.kr(통계청)	인터넷주소만 있음
		www.gallop.co.kr(한국갤럽)	인터넷주소만 있음
		weather.joins.com	인터넷주소만 있음
	H	www.kama.or.kr(한국자동차공업협회)	2000년에 조사한 주요 자동차 생산국들의 자동차 생산량
		www.nso.go.kr(통계청)	1999년 생명표
	I	www.nso.go.kr(통계청)	1999년 현재 연령에서 80세까지의 생존률
			인터넷주소만 있음
		www.mathlove.or.kr(수학사랑)	인터넷주소만 있음
		www.jeonju.ac.kr/~khlee	인터넷주소만 있음
		www.users.on.net/zhcchz/java/quincunx /quincunz.1.html	인터넷주소만 있음
		www.hncbworld.com	인터넷주소만 있음
		sobank.kornet.net/~himath	인터넷주소만 있음
		math.rice.edu/~ddonovan/montyurl.html	인터넷주소만 있음
		stat.chonbuk.ac.kr	인터넷주소만 있음
		grec.changwon.ac.kr/main/databank	인터넷주소만 있음
		mathbank.ddns.co.kr/m/	인터넷주소만 있음
	J	www.nso.go.kr(통계청)	1995년, 2000년 지역별 인구분포 및 변동
	K	www.nso.go.kr(통계청)	나이별 생존 수
		www.kama.or.kr(한국자동차공업협회)	2000년의 주요 자동차 생산국의 자동차 생산량
	L	www.kma.org(대한의사협회)	1998년 우리나라의 보건소에 등록된 결핵 환자 수
		www.nso.go.kr(통계청)	생명표

A Study on Probability and Statistics Education in Practical Mathematics and Mathematics I Textbooks According to the 7th National Mathematics Curriculum in Korea

Dae-Heung Jang[1] Hyo-Jeong Lee[2]

ABSTRACT

In Korea, mathematics education of 11-12 grade students has been taken according to the 7th national mathematics curriculum, which was renovated by the Ministry of Education and Human Resources Development announcement in 1997. The education of probability and statistics has been carried out as a part of this curriculum. We analyze mathematics textbooks-Practical mathematics and Mathematics I - and compare the 7th national mathematics curriculum with the 6th national mathematics curriculum.

Keywords: The 6th national mathematics curriculum, The 7th national mathematics curriculum, The education of probability and statistics

1) (608-737) Professor, Division of Mathematical Sciences, Pukyong National University, 599-1, Daeyeon-dong, Nam-gu, Busan, KOREA
E-mail : dhjang@pknu.ac.kr
2) (608-737) Graduate Student, Mathematics Education, Graduate School of Education, Pukyong National University, 599-1, Daeyeon-dong, Nam-gu, Busan, KOREA