⊠응용논문

대학입시에서의 선택과목 점수 표준화에 관한 연구*

박성현 · 김춘원 · 박준오
서울대학교 자연대학 통계학과

A Study on a Standardized Scoring System of Selected Subjects for College Entrance Examination

Sung Hyun Park · Cheoun Won Kim · Jun Oh Park
Dept. of Computer Science and Statistics, Seoul National University

Abstract

A selected subject and a standardized scoring system were newly enforced at college entrance examination from 1999. A selected subject system means each student can select one subject in addition to common subject in the field of mathematical research Ⅱ and a standardized scoring system means we standardize the score of each field as mean 50 and standard deviation 10 in order to adjust the degree of difficulty between fields. In the field of mathematical research Ⅱ, there may exist not only difference of the degree of difficulty but also that of general studying ability between groups of selected subjects. So when we standardize score, we have to consider them. So far a linear equating which is a parametric method and an equi-percentile equating which is a nonparametric method have been published, but both of them supposed that the general studying ability between groups was equal. So in this paper an adjusted linear and percentile equating method which seems to be adequate to our entrance examination is suggested and is investigated by computer simulation.

* 이 논문은 부분적으로 1999년도 두뇌한국 21사업 핵심분야에 의하여 지원되었음.

1. 서론

우리 나라의 대학입시 제도는 여러 차례 변화되었으며 1999년 수능에서 새롭게 선택과목제와 표준점수제가 도입되었다. 선택과목제는 이미 여러 차례 실시된 적이 있으며 매번 선택과목별 난이도 차와 관련해 논란이 있었다. 성태제(1994)는 대학별고사 실시에 따른 문항분석, 표준점수제, 그리고 검사동등화에 따른 문제점을 해결하기 위한 교육측정의 기본이론을 소개하였다. 대학입학시험의 경우에는 난이도의 차이뿐만 아니라 선택과목 집단별로 일반적인 학업능력의 차도 존재할 수 있으므로 표준점수제를 적용하기 위해서는 선택과목 점수를 난이도의 차와 선택과목 집단의 학업능력차를 동시에 고려해 등화할 필요성이 제기되었으며 이에 대한 연구가 진행되었다[한국교육과정평가원, 1998].

우선 선택과목 집단별로 학생들의 일반적인 학업능력이 동일하다는 가정 하에 전개된 등화방법을 살펴보자. 편의상 2개의 선택과목 1, 2가 있다고 가정하고 선택과목1을 선택한 학생들의 점수를 X, 선택과목2를 선택한 학생들의 점수를 Y라 하자. X의 분포함수를 $F(t)$, Y의 분포함수를 $G(t)$라 하면 두 과목사이에 난이도의 차가 존재하는 경우 두 분포는 일치하지 않고 기대값과 중앙값 등이 다르게 된다. 이 경우 점수 X를 점수 Y의 함수 $X^* = h_Y(X)$로 변환시켜 두 분포를 일치시킴으로써 선택과목간의 난이도 차를 조정한다. 즉, X^*의 분포함수를 $F^*(t)$라 하면

$$F^*(t) = P\{X^* \le t\} = P\{X \le h_Y^{-1}(t)\} = F(h_Y^{-1}(t)) = G(t)$$

이므로

$$h_Y^{-1}(t) = F^{-1}(G(t))$$

이고

$$X^* = h_Y(X) = G^{-1}(F(X)) \tag{1}$$

이다.

여기서 만약 X와 Y의 분포가 각각 평균이 μ_X, μ_Y이고 표준편차가 σ_X, σ_Y인 정규분포를 따르는 경우, 즉 $X \sim N(\mu_X, \sigma_X^2), Y \sim N(\mu_Y, \sigma_Y^2)$이면

$$\begin{aligned} X^* &= h_Y(X) = G^{-1}(F(X)) \\ &= G^{-1}(\Phi((X-\mu_X)/\sigma_X)) \\ &= \mu_Y + \sigma_Y[(X-\mu_X)/\sigma_X] \end{aligned} \tag{2}$$

가 되며 식 (2)는 $X^* = a + bX$ (단, $a = \mu_Y - \sigma_Y/\sigma_X \cdot \mu_X$, $b = \sigma_Y/\sigma_X$) 형태의 선형식이 되고 이것을 전문용어로 선형등화(linear equating)라 한다[허명회, 1994]. 이때 X^*의 분포는 평균이 μ_Y이고 표준편차가 σ_Y인 정규분포가 되어 Y의 분포와 일치하게 된다. 그런데 시험성적의 경우 원점수 0점은 0점으로 만점은 만점으로 등화되어야 하는데 선형등화는 이러한 성질을 만족시키지 못한다. 예를 들어 X의 평균이 30, 표준편차가 20이고 Y의 평균이 60, 표준편차가 15인 경우 등화식 (2)는 $X^* = 60 + 15 \cdot (X-30)/20$이 되고 이때 0점, 15점, 90점, 100점은 각각 37.5점, 48.75점, 105점, 112.5점으로 변환되므로 만점이 넘는 값이 생긴다.

선형등화가 정규분포를 가정한 모수적 방법이라면 분포에 대한 가정 없이 식 (1)을 그대로 사용하는 비모수적인 방법으로 등백분위수 등화가 존재한다. 선형등화는 고차원 모수를 필요로 하는 등백분위수 등화의 저차원 근사로 생각할 수 있는데 미국 ETS의 실제 등화 작업에서 연구자들이 필요하다고 느끼고 있는 등화방법은 이 두 방법의 중간쯤 되는 방법이라고 한다[허명회, 1994]. 따라서 본 연구에서는 선형등화와 등사분위수 등화, 등십분위수 등화, 등이십오분위수 등화를 적용해 보았다.

등분위수 등화는 두 변수의 각 분위수를 일치시키고 0점과 분위수 사이 및 만점사이를 직선으로 보간하는 방법이다. 등사분위수 등화는 두 변수의 25%분위수, 50%분위수, 75%분위수와 0점, 만점을 일치시키고 각 점들 사이는 직선으로 보간하며 등십분위수 등화는 두 변수의 10%분위수, 20%분위수, 30%분위수, ⋯, 80%분위수, 90%분위수와 0점, 만점을 일치시키고 등사분위수 등화와 마찬가지로 각 점들 사이는 직선으로 보간한다.

Y를 기준으로한 X의 등사분위수 등화 X^*를 구해보자. 변수 X의 100P% 분위수를 X_P라하고 두 변수의 만점을 100점이라 하면 우선 다섯 개의 점 (0, 0), $(X_{0.25}, Y_{0.25})$, $(X_{0.5}, Y_{0.5})$, $(X_{0.75}, Y_{0.75})$, (100, 100)을 일치시키고, 다음에는 각 점들 사이의 구간을 각 구간의 양끝 점을 잇는 선분으로 보간 한다. 구체적인 등화식을 구하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} X^* &= \frac{Y_{0.25}}{X_{0.25}} X, \quad 0 \le X \le X_{0.25} \text{ 인 경우} \\ &= Y_{0.25} + \frac{Y_{0.5} - Y_{0.25}}{X_{0.5} - X_{0.25}} (X - X_{0.25}), \\ &\quad X_{0.25} \le X \le X_{0.50} \text{ 인 경우} \\ &= Y_{0.5} + \frac{Y_{0.75} - Y_{0.5}}{X_{0.75} - X_{0.5}} (X - X_{0.5}), \\ &\quad X_{0.5} \le X \le X_{0.75} \text{ 인 경우} \\ &= Y_{0.75} + \frac{100 - Y_{0.75}}{100 - X_{0.75}} (X - X_{0.75}), \\ &\quad X_{0.75} \le X \le 100 \text{ 인 경우} \end{aligned} \tag{3}$$

이 경우 X가 0점인 경우는 X^*도 0점으로 변환되고 100점은 100점으로 변환되어, 선형등화가 가지는 문제점은 발생하지 않는다.

지금까지는 각 선택과목 집단별로 일반적인 학업능력이 동일하다는 가정 하에 전개된 등화 방법을 살펴보았으나 실제 대학입시 상황에서는 선택과목 수험생 집단간에 학업능력차가 존재한다. 이제 학생들의 능력차를 고려한 등화 방법을 생각해 보자. 공통과목은 말 그대로 모든 수험생이 공통적으로 보는 과목이다. 따라서 그 점수를 가지고 수험생의 일반적인 학업능력을 측정해도 무리가 없다. 즉 공통과목 평균이 가장 높은 집단을 가장 우수한 집단으로 평가할 수 있다. 한국 교육과정 평가원(1998)에서는 1999년 수능에서 잠정적으로 다음과 같은 방법을 책정하기로 하였다.

선택과목 K를 선택한 학생들의 모임을 집단 K라 하자. 집단 K의 공통과목 점수를 A_K, 선택과목 점수를 B_K라 하면 능력차를 고려한 선형등화식은

$$B_K' = \frac{B_K - \overline{B_K}}{S_{B_K}} * S_{A_K} + \overline{A_K} \tag{4}$$

이며, 여기서 B_K'은 집단 K의 등화후 선택과목 점수이고 $\overline{A_K}$와 $\overline{B_K}$는 각각 집단 K의 공통과목과 선택과목 점수의 평균, S_{A_K}와 S_{B_K}는 집단 K의 공통과목과 선택과목점수의 표준편차를 의미한다. 즉 선택과목 집단별로 공통과목 점수를 기준으로 선택과목 점수를 선형등화한 것이다.

선형등화는 대학입시 상황에 적용하기에 곤란한 단점을 가지고 있다. 이론적으로 수능시험의 선택과목 점수의 등화에서 0점이 0점으로 만점(40점)이 만점(80점)으로 등화되기 위해서는 식 (4)에서 $S_{A_K} = 2S_{B_K}$, $\overline{A_K} = 2\overline{B_K}$를 만족해야 한다. 따라서 출제위원들이 이 점을 고려해서 문제를 낸다면 선형등화를 사용할 경우에 생기는 단점을 완화시킬 수 있으리라 생각한다. 그러나 이것은 현실화시키기에 어려움이 있다고 보고 대안으로 본 논문에서는 학생들의 능력차를 보정한 비모수적 등화를 상세히 검토하고자 한다. 즉 학생들의 능력차를 보정하는 척도로 선형등화와 마찬가지로 공통과목 점수를 사용하며 각 집단별로 공통과목 점수를 기준으로 선택과목 점수를 분위수 등화한다. 이때 선택과목 점수의 100P%분위수와 100Q%분위수를 B_P, B_Q라하고 공통과목 점수의 100P%분위수와

100Q%분위수를 A_P, A_Q라 하면 B_P와 B_Q $(Q<P)$ 사이의 값들은 기울기가 $(A_P-A_Q)/(B_P-B_Q)$이고 점 (B_P, A_P)를 지나는 직선 (5)에 의해 등화된다.

$$B_K^* = \frac{A_P-A_Q}{B_P-B_Q}(B_K-B_Q)+A_Q$$
$$\text{단, } B_P \le B_K \le B_Q \qquad (5)$$

따라서, 선택과목 점수의 분위수 변화량 (B_P-B_Q)에 비해 공통과목 점수의 분위수 변화량 (A_P-A_Q)이 클수록 기울기가 커지며 기울기가 클 수록 등화후의 점수차도 커진다. 이로써 등분위수 등화는 등화후에 선택과목 점수의 변별력을 높인다고 말할 수 있다. 예를 들어 공통과목 점수의 등사분위수가 25점, 40점, 55점이고 선택과목 점수의 등사분위수가 12.5점, 20점, 23점이라면 선택과목 점수의 분위수 변화량은 각각 20-12.5=7.5점과 23-20=3점이고 공통과목 점수의 분위수 변화량은 40-25=15점과 55-40=15점이다. 즉 학생들의 능력차는 15점으로 동일하지만 20과 23 구간에 존재하는 수험생들은 선택과목 점수차가 아래 구간에 있는 수험생에 비해 적으며 이것을 선택과목 시험의 변별도가 떨어졌다고 해석할 수 있다. 등사분위수 등화식을 적용하면 12.5와 20사이는 등화식의 기울기가 2이고 20과 23사이에서는 등화식의 기울기가 5로 후자의 기울기가 크므로 20과 23사이는 등화후에 12.5와 20 사이보다 점수차가 커진다.

2. 본론

2.1 자료생성

자료 생성은 통계분석 패키지인 SAS의 난수 발생함수를 이용했다. 일반적인 경우로 수험생들의 점수가 정규분포를 따른다고 가정하고 공통과목 점수(만점은 80점)와 선택과목 점수(만점은 40점)들간의 상관관계를 고려하면 이변량 정규분포를 생각할 수 있다. 공통과목 점수의 평균이 μ_A, 표준편차가 σ_A이고 선택과목 점수의 평균이 μ_B, 표준편차가 σ_B이고 공통과목 점수와 선택과목 점수의 상관계수가 ρ일 때, 우선 일변량 정규분포를 이용해 공통과목 점수를 생성한 후 공통과목 점수 $A=a$가 주어졌을 때, 선택과목 점수의 분포가 평균 $\mu_B+\frac{\sigma_B}{\sigma_A}\rho(a-\mu_A)$, 분산 $\sigma_B^2(1-\rho^2)$인 정규분포임을 이용해 선택과목 점수를 생성하였다 (Johnson & Wichern, 1992). 이 경우 모수값으로는 임의로 $\sigma_A=12$, $\sigma_B=7$, $\rho=0.7$을 사용했다.

수험생은 4개의 선택과목 중 하나를 선택하게 되므로 4개의 선택과목 집단이 있다고 가정하고 각 집단별로 4개 집단의 공통과목 평균과 선택과목 평균이 모두 다른 경우(자료1로 표기)와 공통과목 평균은 같고 선택과목 평균이 다른 경우(자료2로 표기), 즉 일반학업능력은 같고 난이도차이만이 존재하는 두 가지 경우의 자료를 생성했다. 정규분포 외에도 치우침이 있는 분포(자료3으로 표기)를 생성했다. 실제로 문제가 너무 쉽거나 어렵게 출제되는 경우 자료에 치우침이 있을 수 있다. 치우침이 있는 분포는 공통과목 점수를 생성할 때 정규분포에서 난수를 발생시키는 과정에서 평균값보다 큰 자료의 일정비율에 대해 평균보다 작은 값으로 변환시킴으로써 자료가 왼쪽에 치우치도록 했다. 치우침이 있는 분포를 생성한 후에는 정규분포에서와 마찬가지 방법으로 선택과목 점수를 생성했다.

2.2 등분위수 구하기

등분위수 등화를 위해 자료의 분위수를 구하자. 확률변수 X의 $100p\%$ $(0<p<1)$ 분위수 X_p는 $\Pr(X<X_p)\le p$, $\Pr(X\le X_p)\ge p$를 만족하는 값이다(Hogg & Craig, 1970). 그러나 본 연구에서는 분석의 편의상 자료의 개수를 n이라 할 때 $100p$ % 분위수로 $[n \cdot p]$ 번째 순서통계량값을 사용했다(이 때 []는 가우스 기

호임). 만약 자료개수가 111개라면 27번째, 55번째, 83번째 순서통계량이 각각 25%, 50%, 75% 분위수가 된다는 의미이다. 집단별로 동일한 방식으로 분위수를 구하므로 등화식을 구하는데 있어 문제는 없다고 생각된다.

2.3 분석 결과

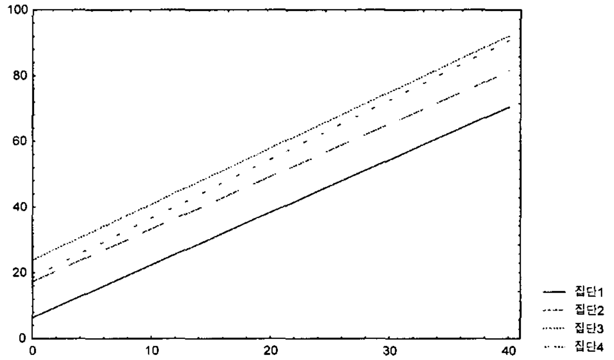
위의 세 자료중 자료2의 경우는 현실성이 약하므로 자료1과 자료3에 대하여 자세한 검토를 실시하였다. 정규분포 자료(자료1)에 대해 4개의 선택과목 집단별 공통과목 점수와 선택과목 점수의 평균, 표준편차가 <표 1>에 제시되어 있다. 공통과목 점수의 평균값으로 능력을 측정한다면 집단1, 집단2, 집단3, 집단4순으로 학생들의 능력이 높게 평가된다. 집단1과 집단2를 비교하면 집단1보다 집단2의 공통과목 평균이 높은데 선택과목 점수의 평균은 반대로 나타나므로 선택과목2가 선택과목1보다 문제가 어려웠다고 결론지을 수 있다. 따라서 집단2에 속한 수험생들은 집단1의 수험생보다 등화시 점수를 더 많이 올려주어야 한다. <표 2>에서 (4)를 이용하여 구한 선형등화식을 보면 집단 1의 절편이 6.4이고 집단 2의 절편이 18.6으로 등화를 한 후에 집단 2에 속한 사람들의 점수는 집단 1에 속한 동점자들보다 점수가 높아지므로 학업능력차와 난이도 차가 잘 반영되었다고 할 수 있다. 선택과목과 공통과목의 기초 통계량을 종합하면 선택과목 3, 2, 4, 1 순으로 어려웠다고 할 수 있다.

< 표 1 > 정규분포 자료(자료1)의 기초통계량

집단	1	2	3	4
공통과목 평균	39.6	45.7	48.6	48.7
선택과목 평균	20.4	14.8	14.8	19.5
공통과목 표준편차	11.9	11.7	11.8	11.6
선택과목 표준편차	7.3	6.4	7.1	7.2
공통과목 제1사분위수	30.6	37.7	41.4	41.2
선택과목 제1사분위수	14.9	10.4	9.6	14.7
사분위수 등화식기울기	2.1	3.6	4.3	2.8

< 표 2 > 정규분포 자료(자료1)의 집단별 선형등화식

집단	선형등화식
1	$B_1'=(B_1-20.4)*11.9/7.3+39.6=1.6*B_1+6.4$
2	$B_2'=1.8*B_2+18.6$
3	$B_3'=1.7*B_3+24.0$
4	$B_4'=1.6*B_4+17.3$

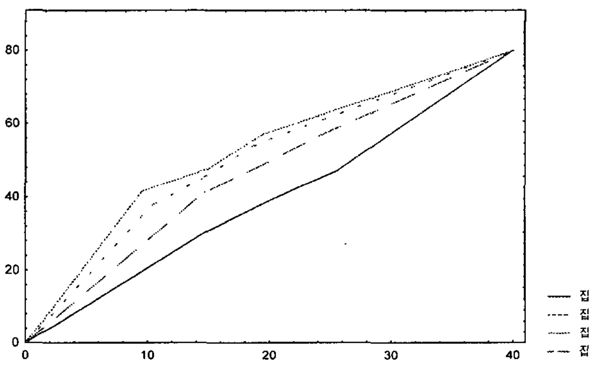


< 그림 1 > 정규분포 자료(자료1)의 선택과목 집단별 선형등화식

<그림 1>에서 Y축은 선형등화 후의 점수이며 선택과목 집단별로 선형등화식을 살펴보면 <표 1>에서 각 집단별로 공통과목 점수와 선택과목 점수의 표준편차 비는 비슷하므로 기울기는 큰 차이를 보이지 않고 절편들이 큰 차이를 보이는데 앞서 말한 학생들의 일반적인 학업능력차와 선택과목별 난이도 차이가 등화식에 잘 적용된 것을 확인할 수 있다. 그런데 선형등화는 집단 1을 제외하고는 만점인 80점이 넘는 값들이 생긴다. 한편 선택과목 3을 선택한 수험생은 문제를 하나도 풀지 못한다해도 등화후에 24점을 받게되는 모순이 발생하게 된다.

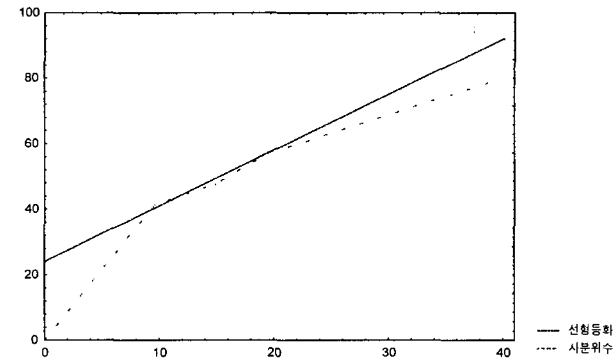
<그림 2>에서 등분위수 등화도 선형등화와 마찬가지로 집단별로 학생들의 능력차와 선택과목별 난이도를 보정하여 준다. <그림 1>의 선형등화에서와 같은 순서로 집단 3의 등화식이 가장 위에 있고 집단 1의 등화식이 가장 아래에 있다. 등사분위수 등화에서 첫 번째 구간인

0점과 25%분위수사이의 구간에 존재하는 선택과목 점수의 기울기는 다른 구간의 기울기에 비해 크게 나타나는데 이것은 0점을 0점으로 변환시키려는 제약조건 때문이다. 표1에서 첫 번째 구간에서의 기울기를 구해보면 집단 1, 2, 3, 4순으로 2.1, 3.6, 4.3, 2.8 이며 집단3의 기울기가 가장 큰 이유는 선택과목점수의 25%분위수와 공통과목 점수의 25%분위수 비가 다른 집단보다 크기 때문이다.

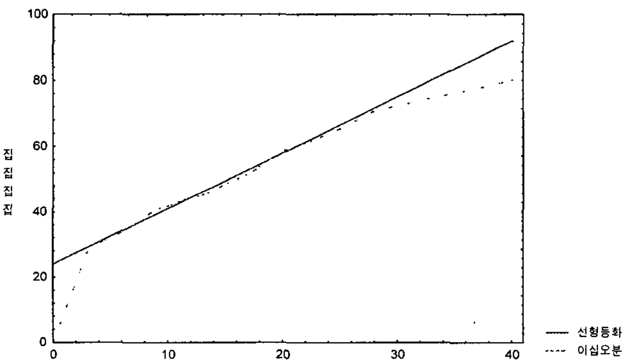


< 그림 2 > 정규분포 자료(자료1)의
선택과목 집단별 등사분위수 등화식

<그림 3>은 정규분포 자료에서 집단3의 선형등화와 등사분위수 등화식을 그래프로 표현한 것으로 X축은 선택과목의 원점수, Y축은 선형등화 후의 점수와 등사분위수 등화 후의 점수이다. 그림에서 양끝구간인 0점과 25%분위수사이, 75%분위수와 만점사이의 구간에서 그 외 구간에 비해 선형등화와 사분위수 등화사이에 큰 차이가 생기는 것을 확인할 수 있다. 이것은 0점을 0점으로 만점을 만점으로 변환시키려는 제약조건으로 인해 생기는 결과이며 <그림 4>의 등이십오분위수 등화식과 <그림 3>의 등사분위수 등화식을 비교해 보면 구간이 더 세분화될수록 양끝구간에서의 문제점이 완화된다는 것을 알 수 있다. 따라서 양끝구간에서는 다른 구간보다 분위수를 세분화하여 적용하거나 두 변수의 최대값과 최소값을 일치시키는 방법도 생각할 수 있다.



< 그림 3 > 정규분포 자료(자료1)의
선형등화와 등사분위수 등화 (집단3)



< 그림 4 > 정규분포 자료(자료1)의
선형등화와 등이십오분위수 등화(집단3)

<표 4>는 여러 가지 등화 방법을 적용한 후의 기초 통계량이다. 표에서 선형등화는 등화 후에 공통과목 점수와 평균, 표준편차가 같아짐을 알 수 있다. 즉, 선형등화는 등화의 기준변수와 대상변수의 평균과 분산을 동일하게 만드는 등화법임을 확인할 수 있다. 등분위수 등화는 등화 후에 기준변수(공통과목 점수)와 평균, 분산이 일치하지 않는다. 그러나 <표 7>에서 등사분위수 등화보다는 등십분위수 등화가, 등십분위수 등화보다는 등이십오분위수 등화의 평균과 분산이 공통과목 점수의 평균과 분산에 더 근접하고 있음을 알 수 있다. 선형등화의 경우 최대값이 만점을 넘고 최소값은 다른 등화값에 비해 큰데 이것을 <표 5>를 통해 자세히 살펴본다.

< 표 4 > 자료1의 등화후 기초 통계량

변수	평균	표준편차	최소값	최대값
공통과목	45.6	12.3	5.5	79.0
선택과목	17.4	7.5	0.1	38.4
선형등화	45.6	12.3	11.9	85.7
등사분위수 등화	44.2	14.2	0.4	76.7
등십분위수 등화	45.3	13.3	0.5	77.2
등이십오분위수 등화	45.4	12.8	0.6	77.7

<표 5>는 각 집단별로 0점과 만점, 최소값과 최대값에 대해 등화후의 점수를 구한 결과이다. 선형등화 점수는 <표 2>를 이용해 구할 수 있다. 집단2, 집단3, 집단4에서는 선형등화후에 80점 이상의 점수가 생긴 반면 집단1에 속한 사람은 원점수가 만점이어도 선형등화후에 만점을 받지 못한다. 즉 어떤 과목을 선택했느냐에 따라 이익 혹은 불이익을 받는 학생이 생긴다. <표 5>에서 각 집단별로 최대값과 최소값을 살펴보면 등사분위수 등화에서 등십분위수 등화, 등이십오분위수 등화로 갈수록 최소값과 최대값은 증가하는 경향이 있음을 알 수 있다. 이것은 분위수가 세분화됨에 따라 양끝 구간에서 기울기가 감소하기 때문이다. 등분위수 등화는 0점을 0점으로 만점을 만점으로 변환시키며 공통과목 점수와 선택과목 점수의 분위수 변화량의 비율에 의해 각 구간의 기울기가 결정된다. 따라서 등분위수 등화는 특정 분포를 가정하지 않는다는 측면에서는 비모수적이지만 구간별로 자료가 밀집되어 있는 형태에 따라 등화식이 달라진다는 면에서는 분포의 성질을 잘 반영해 주는 등화방법이라고 할 수 있다.

<그림 5>는 자료3의 선형등화와 등이십오분위수 등화식의 그래프이다. <표 6>에서 자료3의 집단4인 경우의 공통과목 점수의 왜도는 -0.73이고 선택과목 점수의 왜도는 -0.22 이다. 따라서 공통과목 점수는 왼쪽으로 꼬리가 긴 분포 자료임을 알 수 있다. 상대적으로 자료가 많이 있는 오른쪽 부분의 분위수 등화식 기울기가 왼쪽에 비해 작은 것을 그래프에서 확인할 수 있다.

< 표 5 > 정규분포 자료(자료1)의 원점수와 등화후 점수 비교

집단	원점수	등선형등화 점수	등사분위수 등화	등십분위수 등화	등이십오분위수 등화
1	0	6.4	0	0	0
1	3.4(최소값)	11.9	7.0	7.8	8.1
1	38.4(최대값)	67.8	76.4	76.3	75.0
1	40	**70.4**	80	80	80
2	0	18.6	0	0	0
2	0.1(최소값)	18.8	0.4	0.5	0.6
2	34.3(최대값)	80.3	73.1	73.4	74.0
2	40	**90.6**	80	80	80
3	0	24	0	0	0
3	0.7(최소값)	25.2	3.0	4.1	6.4
3	37.1(최대값)	87.1	76.7	77.2	77.7
3	40	**92**	80	80	80
4	0	17.3	0	0	0
4	3.0(최소값)	22.1	8.4	10.7	12.3
4	37.7(최대값)	77.6	76.6	76.8	76.9
4	40	**81.3**	80	80	80

< 표 6 > 자료2와 자료3의 기초 통계량

1) 정규 분포(자료2)

집단	공통과목평균	선택과목평균	공통과목 표준편차	선택과목 표준편차	공통과목 왜도	선택과목 왜도	자료수
1	45.5	17.4	11.8	7.3	0.06	0.05	298
2	45.7	20.2	12.6	6.9	-0.19	-0.12	299
3	45.2	21.4	11.8	7.0	0.02	0.10	297
4	43.5	24.1	11.7	6.7	-0.04	-0.18	289

2) 치우침 분포(자료3)

집단	공통과목평균	선택과목평균	공통과목 표준편차	선택과목 표준편차	공통과목 왜도	선택과목 왜도	자료수
1	38.6	19.7	12.7	7.4	0.35	0.16	299
2	43.7	13.6	14.6	7.0	-0.16	0.29	274
3	48.1	15.2	15.4	7.7	-0.62	0.17	281
4	50.5	20.2	16.6	8.1	-0.73	-0.22	285

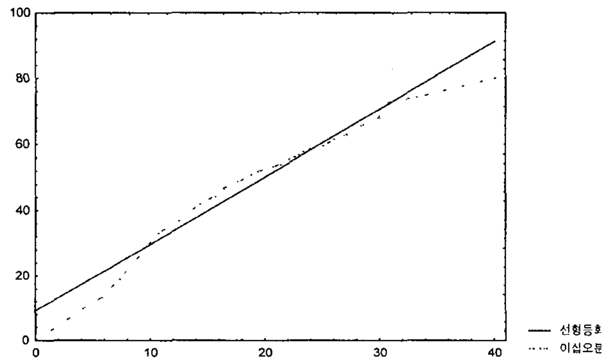
< 표 7 > 자료2와 자료3의 등화후의 기초통계량

1) 정규 분포(자료2)

변수	평균	표준편차	최소값	최대값
공통과목	45.0	12.0	0.6	80.0
선택과목	20.8	7.4	0.2	39.5
선형등화	45.0	12.0	9.2	75.5
등사분위수등화	44.6	13.4	0.5	78.7
등십분위수등화	45.0	12.7	0.5	78.6
등이십오분위수등화	45.0	12.2	0.8	78.3

2) 치우침 분포(자료3)

변수	평균	표준편차	최소값	최대값
공통과목	45.1	15.5	6.0	79.6
선택과목	17.3	8.1	0.1	39.4
선형등화	45.1	15.5	9.8	95.7
등사분위수등화	44.1	15.9	0.4	78.8
등십분위수등화	44.7	16.1	0.5	79.1
등이십오분위수등화	45.1	15.7	0.9	79.2



< 그림 5 > 치우침 있는 분포의 선형등화와 등십오분위수 등화(집단4)

3. 결론

선형등화는 정규분포를 가정한 모수적 방법으로 0점을 0점으로, 만점을 만점으로 변환시키지 못하는 치명적인 단점을 가지고 있다. 이런 단

점을 제거하려면, 수험생의 성적이 정규분포를 따르고 집단별로 공통과목 점수의 평균이 선택과목 점수의 평균의 두 배가 되고 공통과목 점수의 표준편차가 선택과목 점수의 표준편차의 두 배가 되도록 문제를 출제해야 하나 이것은 현실적으로 어렵다고 볼 수 있다. 선형등화는 분포의 형태에 관계없이 평균과 분산만 같으면 그 등화전후의 값이 동일하며 정규분포를 가정한 모수적 방법이므로 정규분포가 아닌 치우침이 있는 분포의 경우에는 부적절한 결과가 나올 수 있다.

등분위수 등화는 특별한 분포를 가정하지 않은 비모수적 방법으로 다양한 분포에 적용 가능한 강건한(robust) 등화 방법이다. 등분위수 등화는 분포의 형태를 구간별로 잘 반영해 선택과목 점수의 변별력을 증가시키는 효과를 가져온다. 몇 분위수 등화를 사용할 것인가는 자료의 형태에 따라 유연성 있게 결정 가능하다고 생각하며 등사분위수 등화보다는 등십분위수 등화나 그 이상의 등화를 권하고 싶다.

참고문헌

[1] 김신영 외(1998), 대학수학능력시험 결과보고 및 분석방안연구, 한국 교육과정 평가원

[2] 성태제(1994), "대학별고사를 위한 문항분석, 표준점수, 검사동등화," 「한국통계학회 논문집」, 제1권, 1호, pp. 206-214

[3] 한국 교육과정 평가원(1998), "1999년도 수능표준점수제 방안," 미발표 문서

[4] 허명회(1994), "새 대학입시의 통계적 계획과 분석," 「한국통계학회 논문집」, 제1권, 1호, pp. 215-225

[5] Hogg, R. V. and Craig, A. T.(1970), *Introduction to Mathematical Statistics*, Fourth Edition, London, Collier Macmillan Publishers

[6] Johnson, R. A. and Wichern, D. W. (1992), *Applied Multivariate Statistical Analysis*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey