한국통계학회 논문집 제1권1호
1994년 12월 pp. 215-225

새 대학입시의 통계적 계획과 분석
- 문항분석과 선택과목 등화(표준점수제)를 중심으로 -

허 명 회[1)]

요 약

1994년도부터 새로 실시된 대학입시 본고사를 위한 고려대학교 출제관리위원회의 활동을 통계적 측면에서 보고한다. 특히 모의고사의 문항분석과 선택과목 등화(표준점수제)에 관한 통계적 방법론을 중점적으로 다루고 그 성과에 대하여 논의한다. 이 실증적 사례 연구가 새로 대학입시 본고사를 실시하는 타 대학에 실질적 도움이 되기를 희망한다.

1. 대학입시 본고사

대입 본고사는 해방후 35년간 시행되어 오다가 1980년 입시를 마지막으로 폐지된 바 있다. 그리고 무려 14년이란 공백후 1994년도부터 대입 본고사를 대학별로 시행할 수 있게 되었기 때문에 대학의 입장에서 보면 모든 것을 새로 시작해야 되는 상황이었다. 과거의 권위적인 출제방식에서 벗어나서 대학의 사회적 책무를 다해야 한다는 새로운 사명이 대학측에 맡겨진 것이었으나 본고사 출제와 관리에 관하여 축적된 노하우가 별로 없었던 것이 사실이었다. 이런 문제에 부응하여 고려대학교에서는 입시를 1년 3개월 앞둔 1992년 10월에 입시출제관리위원회를 구성하게 되었다. 출제관리위원회의 구성은 위원장(부총장)과 실무위원장, 그리고 국어논술분과, 영어분과, 수학분과, 제2외국어분과, 과학분과, 사회분과 및 평가분과(위원장: 필자)로 구성되었다. 입시출제관리위원회에서는 1993년 12월말 본고사 출제에 들어가기 전까지 5차례에 걸친 모의고사의 출제 및 평가분석을 위시하여 4차례의 출제관련 워크숍, 4차에 걸친 관련자(출제교수, 고교교사, 고교학생, 학부모) 연석회의 등을 가졌다. 이러한 일련의 활동과 이를 통한 정보의 습득 및 공개는 출제경험이 절대적으로 부족한 교수들에게 출제역량 향상을 위하여 좋은 기회가 되었을 뿐만 아니라 일선 고교와 응시대상 학생들이 새로운 대학입시에 단계적으로 적응할 수 있는 기회가 되었다. 특히 모의고사의 분석결과는 실제 출제에 있어 좋은 기초자료가 되었음은 물론이다. 또한 등화방법(표준점수제)의 개발과 채택으로 선택과목 난이도의 불가피한 차이를 사후적으로 조정하므로써 새로운 입시제도의 사회적 정착에 작지않은 기여를 하였다고 본다.

본 사례연구에서는 1992년 10월부터 1993년 12월까지의 출제관리위원회 활동을 평가분과가 담당한 모의고사의 문항분석과 선택과목 등화(표준점수제)를 중심으로 보고하도록 하겠다.

2. 모의고사의 문항분석

2.1 개념과 도구

1) (136-701) 서울시 성북구 안암동 5가 1 고려대학교 정경대학 통계학과.
이 연구에서 얻은 결론은 필자 개인의 의견일 뿐 고려대학교의 공식적인 견해가 아님을 밝히며, 많은 SAS 작업을 수행해준 고려대학교 대학원 박사과정 한상태에게 감사한다.

고려대학교 1994년도 입시를 위한 모의고사는 총 5회 실시되었는데 17개 입시과목은 과목에 따라 최소 2회, 최대 4회 달리 테스트되었다. 총 5회의 모의고사의 시행대상학생은 고려고, 중앙고(이상 제1차), 휘문고, 부평고(이상 제2차), 서울고, 안양고(이상 제3차), 유신고, 대원외국어고, 한영외국어고(이상 제4차) 3학년생 전체였으며 제 5차 모의고사는 총 19개 학교에서 추천을 받은 900명에 가까운 경인지역 응시지원생이 대상이 되었다. 총 다섯 차례 모의고사의 대상학생이 각각 다르고 제5차 모의고사를 제외하고는 모든 과목이 실제상황에서 실시된 것이 아니기 때문에, 일관된 비교평가가 쉽지 않다는 점을 통시적 종합분석에 앞서 언급해두고자 한다. 이러한 비교평가상의 난점이 있기는 하기만 다양한 응시예상군을 대상으로 출제 및 평가의 경험을 축적하고자 하였기 때문에, 이러한 모의고사 계획이 현실적으로 최선이었던 것으로 생각한다.

총 5회 모의고사의 문항분석에 있어서 사용된 평가지표는 고전적 검사이론(classical testing theory)에 근거한 난이도, 변별도 및 신뢰도의 세가지였다. 또 하나의 지표라고 할 수 있는 타당도는 직접적으로 검토되지 못하였으나 학생의견조사서, 교사의견조사서 및 교사・학생・학부모 초청간담회등을 통한 의견청취로써 간접적으로 보완검토되었을 뿐이다. 그러나 이후의 본고사사에서는 일정 수준이상의 타당도를 사전적으로 확보하기 위하여 과목별 2원분류표를 작성하여 평가영역과 출제문항과의 합치성이 검토되었다.

2.2 실증적 분석 결과

제1차부터 제4차 모의고사까지에서는 주로 일반고 3학년전체를 대상으로 하였는데 응시학생 전체로부터의 난이도, 변별도, 신뢰도 등 지표와 가상적인 고려대학교 응시학생군으로부터의 지표는 다소 다를 수 있다. 왜냐하면 난이도, 변별도 및 신뢰도 등 고전적 검사이론의 지표는 대상학생의 학력분포에 의존하기 때문이다. 따라서 제5차 모의고사를 제외한 제1차에서 제4차까지의 모의고사자료는 학력의 상위 12%, 상위 25%, 전체 등으로 각기 달리 정의된 집단들로 세분하여 이상의 지표를 산출하게 되었다. 이 중에서 제1차부터 제5차까지의 모의고사를 통시적으로 비교하는데 준거된 집단은 제1차부터 제4차까지의 모의고사에서는 고려대학교 (안암캠퍼스) 응시가능집단으로 생각되는 상위 12% 학력집단이고 제5차 모의고사에서는 전체집단이다. 그러나 앞서 지적한 대로 각 모의고사의 수험학생집단이 동일하지 않으므로 엄밀한 의미에서는 이들 지표들이 통시적으로 비교가능하다고 말하기는 어렵다. 부록 A에 과목별 문항분석의 한 예(제5차 모의고사의 영어과목)를 실었다.

2.3 기술적 세부사항

이상의 모든 문항분석은 통계팩키지 SAS를 사용하여 수행되었다. SAS PROC MEANS를 통하여 문항 곤란도(난이도)를, PROC CORR ALPHA를 통하여 문항 변별도와 과목 신뢰도를 계산하였다. 부록 A는 이런 SAS 출력을 정리하여 얻어졌다.

3. 선택과목 표준점수제

3.1 필요성 및 이론적 배경

입시에 있어 선택과목간 난이도의 사전조정은 매우 중요한 요소이기는 하나 어쩔 수 없는 한계를 가지므로 이에 전적으로 의존하는 시험제도는 자칫 위험한 결과를 초래할 수 있다. 선택과목의 경우는 아니지만 1993년도에 시행된 두 차례의 대입수학능력시험이 전반적 난이도의 차이로

얼마나 큰 사회적 불만과 불신을 초래하였는가를 돌이켜 보면 자연히 이에 대한 문제의식을 갖지 않을 수 없다.

입시에서의 선택과목 시험점수 등화(test equating) 또는 표준점수제의 필요성으로 첫째, 선택과목들간의 전반적 난이도 차이가 수험생 개인의 합격여부에 적지 않은 영향을 줄 수 있으므로 이를 사후적으로라도 시정하여야 한다는 것과 둘째, 동일계열의 선택과목 출제에 있어 각 과목의 출제교수가 自科目을 他科目에 비해 상대적으로 쉽게 내려하는 (또는 自科目과 他科目의 난이도를 균등하게 맞추어야 한다는) 무형적·심리적 부담 및 유인을 원천적으로 없애야 한다는 것을 들 수 있다.

어느 한 모집단에서 랜덤하게 나뉜 한 그룹의 학생들이 시험 X를 치루고 다른 그룹의 학생들이 시험 Y를 치루어 성적을 얻었다고 하자 (혼동의 우려가 없으므로 시험점수도 각각 X와 Y라고 하자.) 이 때 X의 분포함수를 F(x), Y의 분포함수를 G(y)라고 하자. 일반적으로 두 분포함수는 일치하지 않아서 기대값 $E(X) = \int x \, dF(x)$ 와 $E(Y) = \int y \, dG(y)$, 50% 분위수 $X_{.50} = F^{-1}(.50)$과 $Y_{.50} = G^{-1}(.50)$ 등이 다르게 되고, 이것은 결과적으로 두 시험의 난이도 차이로 인한 불공정성의 문제를 야기시킨다. 이를 보완하는 방법은 X를 Y와 동등한 새 점수 $X^* \equiv h_Y(X)$로 단조변환시켜 주는 것이다. 이 때 변환점수 X^*의 분포는 기준이 된 Y의 분포와 일치하여야 한다. 다시 말하자면

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

따라서

$$h_Y^{-1}(t) = F^{-1}(G(t)) \quad \Rightarrow \quad h_Y(t) = G^{-1}(F(t)),$$

즉

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

를 얻게 된다.

만약 X의 분포 F(·)가 평균 μ_X, 표준편차 σ_X 인 정규분포이고 Y의 분포 G(·)가 평균 μ_Y, 표준편차 σ_Y 인 정규분포이면

$$X^* \equiv h_Y(X) = G^{-1}(F(X)) = G^{-1}(\Phi((X-\mu_X)/\sigma_X)) = \mu_Y + \sigma_Y \cdot (X-\mu_X)/\sigma_X \qquad (2)$$

가 된다. 즉 Y는 그것의 선형함수인 $X^* = a + b\,X$ 의 형태로 변환된다 (여기서 $a = \mu_Y - \sigma_Y/\sigma_X \cdot \mu_X$, $b = \sigma_Y/\sigma_X$). 소위 'Z-점수' 방식으로 알려져 있는 것이 (2)의 등화식이며 전문용어로는 선형등화(linear equating)라고 한다.

선형등화를 적용하면 X의 변환점수 X^*는 기준점수 Y와 동일한 평균과 표준편차를 갖게 되는데, 이것이 결과적으로 그럴듯하게 보이지만 대학입시 상황에서는 적용하기 곤란하다. 왜냐하면 원점수가 0점인 경우는 등화에 의한 사후점수도 0점이여야 하고 마찬가지로 원점수가 100점인 경우는 등화에 의한 사후점수도 100점이여야 하는데 선형등화는 이 조건을 근본적으로 만족시킬 수 없기 때문이다. (선형등화에 의한 결과로는 0점이하의 점수와 100점 이상의 점수가 가능하다).

선형등화가 정규성의 가정이 깔린 모수적 방법인데 반해 분포의 모수적 형태를 사용하지 않고 직접 (1)을 등화식으로 하는 등백분위수 등화(等百分位數 等化; equi-percentile equating)는 비모수적 방법이라고 할 수 있다. 이 때 현실적으로는 자료로부터 분포함수 F(x)와 G(y)를 추정하여야 하는데, 표본수가 아주 큰 경우에는 표본분포함수를 그대로 사용하여 등화식을 산출하고 그렇지 않은 경우에는 평활기법 등을 적용하여 추정된 분포함수에 의하여 비선형적인 등화식을 산출하게 된다. 구체적인 선택시험 등화의 방법론과 이론에 대하여는 허명회(1994)를 참조하라.

3.2 방법론의 개요

입시 상황에서는 과목당 응시인원이 등백분위수 등화를 표본분포함수로부터 직접 구해도 될 만큼 반드시 클 것으로 기대할 수 없다. 그리고 만약 결과되는 등백분위수 등화식이 심한 곡률의 변화를 보이는 경우에는 일반인들에게 설득력이 없게 된다는 문제가 야기된다. 따라서 대학입시 상황에서 현실적인 무리없이 적용할 수 있는 방법으로서, 등사분위수 등화(等四分位數 等化; equi-quartile equating)라고 명명할 수 있는 방법을 고려대학교 입시에서 선택과목 표준점수제(등화) 방법의 기본 원리로 채택하게 되었다.

등사분위수 등화:

(i) X^* 와 Y의 25%, 50%, 75% 분위수를 서로 일치시키되

(ii) 0점과 이들 세 분위수점 및 100점 사이는 직선으로 보간한다.

즉 등사분위수 등화에 의하여 X의 중위수(50% 분위수; median) $X_{.50}$, 아래 사분위수(25% 분위수; lower quartile) $X_{.25}$, 위 사분위수(75% 분위수; upper quartile) $X_{.75}$ 는 각각 Y의 50% 분위수, 25% 분위수, 75% 분위수인 $Y_{.50}$, $Y_{.25}$, $Y_{.75}$ 로 바뀌게 된다. 또한 X가 0점(이론적인 0% 분위수)인 경우에는 변환없이 0점으로, X가 100점(이론적인 100% 분위수)인 경우에도 변환없이 100점으로 남게된다. 그리고 이들 다섯점

$$(0,0),\ (X_{.25},\ Y_{.25}),\ (X_{.50},\ Y_{.50}),\ (X_{.75},\ Y_{.75}),\ (100,100)$$

사이는 구간별로 양 끝 점을 잇는 선분에 의하여 보간된다.

선형등화가 고차원 모수(high-dimensional parameter)를 필요로 하는 백분위수 등화의 저차원 근사(low-parameter approximation)로 생각할 수 있는데 미국 ETS의 실제 등화작업에서 연구자들이 필요하다고 느끼고 있는 등화방법은 이 두 방법의 중간쯤 되는 방법이라고 한다. 그렇다면 등사분위수 등화 또는 이와 유사하게 생각할 수 있는 예컨대 등십분위수 등화와 같은 방법이 실무자들이 필요로 하는 그런 방법이 아닌가 싶다.

대학입시 상황에서 선택과목 등화시 고려되어야 할 또 하나의 요소는 선택과목으로 분류되는 수험생 그룹별로 체계적인 학력차이가 존재한다는 점이다. (이런 사실은 수차례 모의고사 자료분석을 통해 거듭 확인된 바 있다.) 즉 이제까지의 논리는 X-그룹과 Y-그룹의 일반 학업능력 관점에서의 호환성(exchangeability)이 전제되었음을 상기하여야 한다. 만약 X-그룹이 Y-그룹에 비하여 일반 학업능력이 뛰어난 경우라면 두 집단의 점수분포를 갖게 하는 것이 오히려 불합리하기 때문에, 점수분포간 차이가 적절히 나도록 통계적으로 조정해야 않는 한 난이도 차이에 따른 공정성 여부에 대한 시비는 계속 남는다.

그렇다면 고교학생들의 과목선택이 일반학업능력과 관련된 무엇에 의하여 통계적인 영향을 받는가를 규명하는 것이 선결문제가 된다. 이 때 생각할 수 있는 '무엇'의 후보로는 가용 정보의 제약상 다음의 세 가지가 있을 뿐이다.

① 내신등급, ② 수학능력시험 점수, ③ 본고사 필수과목 점수.

고려대학교의 경우에는 가장 현실에 가까웠던 제5차 모의고사 자료의 분석을 통해 고교 내신 ①이 선택과목의 결정에 영향을 주는 요인인 것을 알 수 있었으며, 반면 수학능력시험 ②는 그런 요인이 아님을 확인하였다. 이에 사용된 통계적 기법은 카이제곱검정과 일반화로짓모형 분석이다. 본고사 필수과목 ③을 활용하는 방안은 ①이나 ②에 근거한 방법에 비하여 실무적으로 복잡할 것이라는 우려가 있고 필수과목과 선택과목들간의 차별적 연관성으로부터 어떠한 영향을 받는지에 대한 추가적 검토가 필요하여 연구시 고려하지 않았다 (예컨대 자연계 선택과목인 물리는 생물에 비하여 필수과목인 수학 II와 관련이 깊다).

과목선택에 있어 영향을 주는 일반학업능력에 관한 요인이 있다면 그것을 고려하는 방법은 비교가능집단(표준집단)을 설정하는 것이다. 표준집단의 설정방법은 크게 두 가지가 있을 것이다.

① 수험생 전체그룹을 표준집단으로 하는 방법,

② 일반학업능력(내신등급)의 특정범위내 수험생 그룹을 표준집단으로 하는 방법.

고려대학교 입시에서 취한 방법은 실무적으로 간편한 후자의 방법이다.

3.3 세부 절차

고려대학교 1994년도 입시에서 선택과목간 등화방법으로 적용된 세부적 등화절차는 다음과 같다 (서창캠퍼스 인문계 응시생들만 선택할 수 있는 두 사회과목인 정치경제 및 국사의 등화방법에 대한 기술은 이하 생략됨).

1) 비교가능집단의 선정: 각 계열(인문계와 자연계) 별로 안암캠퍼스에 소재한 학과를 제 1 지망으로 하는 응시생으로서 일반고교 출신이며 내신이 1, 2, 3 등급 중 하나여야 비교가능집단에 속하게 된다 (고려대학교의 경우에는 응시생의 약 50% 가량이 이 경우에 해당한다.) 즉 외국어고, 과학고, 농업, 상업 및 공업고, 검정고시 출신 등은 배제된다. 이와 같은 비교가능집단은 원서접수이후 본고사 실시이전에 선정될 수 있다.

2) 25%, 50%, 75% 분위수의 산출과 등화 기준과목의 선정: 본고사의 실시이후 선택과목점수가 전산입력되면 비교가능집단의 인문계 7개, 자연계 4개 선택과목별 점수분포가 통계적으로 요약된다. 이때 과목별 요약치에는 최저점수, 25% 분위수, 50% 분위수, 75% 분위수, 최고점수가 포함된다. 이 결과를 토대로 하여 등화기준 선택과목 인문계 1과목, 자연계 1과목을 정하게 된다. 기준과목의 선정시 고려하는 기준은 과목 전반적 난이도의 적정성(50% 분위수가 바람직한 범위안에 있는가), 과목 변별도의 적절성(25% 분위수와 75% 분위수가 바람직한 차이를 보이는가) 및 비교가능집단에 속한 자료수(응시학생 수) 등이다. 가급적 평균점수가 좋은 과목을 등화의 기준과목으로 정하는 방안도 정치적 관점에서 고려할 수 있다.

3) 등화식의 산출 및 적용: 등화기준과목점수를 기호 Y로, 등화대상과목의 원점수를 기호 X로, 등화후 얻게되는 X의 표준점수를 기호 STD_X (= X^*)로 표기할 때 다음의 등화식이 적용된다. <그림 1>은 등화식을 그래프로 나타낸 것이다.

$$
\begin{aligned}
STD\_X &= (Y_{.25}/X_{.25})*X, && 0 \le X \le X_{.25} \text{ 경우} \\
&= Y_{.25} + \{(Y_{.50}-Y_{.25})/(X_{.50}-X_{.25})\}*(X-X_{.25}), && X_{.25} \le X \le X_{.50} \text{ 경우} \\
&= Y_{.50} + \{(Y_{.75}-Y_{.50})/(X_{.75}-X_{.50})\}*(X-X_{.50}), && X_{.50} \le X \le X_{.75} \text{ 경우} \\
&= Y_{.75} + \{(Y_{1.00}-Y_{.75})/(X_{1.00}-X_{.75})\}*(X-X_{.75}), && X_{.75} \le X \le X_{1.00} \text{ 경우}
\end{aligned}
$$

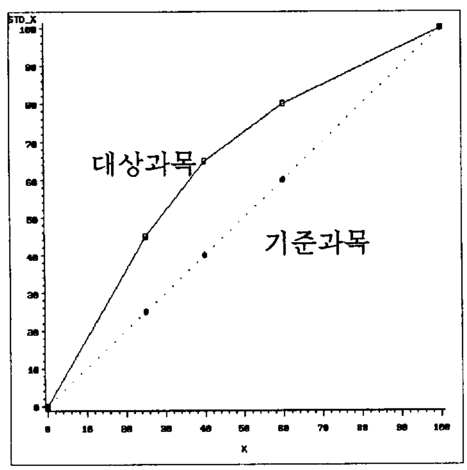
여기서 $Y_{.25}$ 및 $X_{.25}$, $Y_{.50}$ 및 $X_{.50}$, $Y_{.75}$ 및 $X_{.75}$는 각각 등화기준과목과 등화대상과목의 25%, 50%, 75% 분위수를 말하고 $Y_{1.00}$ 및 $X_{1.00}$은 만점점수를 말한다.

선택과목간 등화는 좋은 취지와 불가피성에도 불구하고 일반인들의 이해가 부족한 것이 현실이므로, 입시에 성공적으로 등화를 적용하기 위해서는 적절하고 효율적인 홍보가 요청된다. 부록 B는 실제 시험과 가장 가까왔던 제5차 모의고사에서의 등화사례(일부)이다.

4. 맺음말 및 토의

이상으로 새 대학입시에 대비한 통계적 활동을 모의고사의 문항분석과 선택과목 표준점수제를

중심으로 보았다. 통계 분석자가 이러한 결과를 해당과목 출제교수 및 입시관련자들에게 제시할 때 가장 신경을 써야 하는 부분은 커뮤니케이션이다. 가급적 분석결과의 의미를 상대방이 알기 쉽게 전달하여야 하고 또한 그들로부터 통계의 미흡한 구석에 대하여도 지적받고 건설적인 의견을 나누어야 한다. 예컨대 문항 변별도에 대한 통계적 정량화는 제한적인 경우가 있음이 지적되었다. 새 대학입시에서처럼 대학의 자율적 학생선발권을 주창하고자 한 상황에서는 학생들이 익숙하지 않은 새로운 경향의 문항들을 의도적으로 출제하는 경우가 있게 되는데 바로 이런 문항들에 있어서는 변별도가 작게 또는 음으로 나타날 수 있다. 그 이유는 이들 문항이 통계적으로 기존의 문항들과 독립적인 차원 또는 음으로 연관된 차원에 놓일 수 있기 때문이다. 따라서 이렇게 의도된 문항들에 있어서는 변별도 측면에서 좋지 않은 문항으로 평가되었다고 해서 출제교수들이 위축되는 일이 없도록 배려해야 할 것이다. 외국어에서의 생활언어(회화) 문항, 과학에서의 실험관련 문항들이 이런 새로운 문항의 예들이다. 입학시험의 변별능력을 다소 해치는 부담이 있더라도 이들 문항들이 장기적으로 고교교육을 옳은 길로 이끄는 유인이 된다면 일정 비율내에서는 마땅히 출제되어야 한다.



<그림 1> 선택과목의 등화식*

* 이 그래프에서 사용된 수치는 다음과 같다.

	대상과목	기준과목
25% 분위수	25	45
50% 분위수	40	65
75% 분위수	60	80
만점 점수	100	100

단순히 4개의 연결선분으로 구성된 이 그래프가 사분위수 등화의 전형적인 한 예이다. 대상과목의 50% 분위 점수는 기준과목의 50% 분위 점수로 바뀌어 전반적 난이도의 형평이 보장된다. 또한 25% 분위 점수와 75% 분위점수를 일치시키므로써 산포(散布)로 본 과목 변별도가 균일하게 된다.

선택과목 점수등화(표준점수제)가 일반인들에 저항감을 준다는 사실이 이의 시행에 있어 세심한 주의를 요하는 점이다. 이들의 비판에 자리잡고 있는 무의식적인 가정은 시험점수라는 척도를 순서 척도(ordinal scale)로 보는 것이 아니라 절대적 척도로 보는 것이다. 즉 이미 취득한 점수에 대한 신성불가침한 것이라는 맹목적 믿음이 있는 것인데 이에 대하여는 꾸준하고 친절한 설득이 있어야 할 것이다. 등화에 대한 문답식 풀이는 이에 대한 대안의 하나로 작성되었다. 만약 등화가 되지 않는 경우에는 어떤 선택과목 그룹에서는 합격률이 10% 정도이고 어떤 선택과목 그룹에서는 합격률이 90% 정도인 극단적 결과가 초래될 수 있다는 점이 1993년도에 시행된 두 차례의 수학능력시험의 사회적 비용 측면에서의 결과와 함께 경고되어야 한다.

추기: 페이지수의 제약상 심포지움 발표의 토대가 되었던 고려대학교 통계연구소 발행의 같은 제목의 연구보고서(30쪽) 중 일부만 전재하였습니다.

참고문헌

[1] 허명회(1994) 선택시험 등화를 위한 통계적 방법론, 미발표 논문.

부록 A: 문항분석 결과의 보기 - 제5차 모의고사의 영어과목 -

객관식 22개 문항 (44점 만점)

문항	정답률* p	상관계수** r
1번	0.89	0.25
2번	0.22	0.01
3번	0.78	0.40
4번	0.61	0.22
5번	0.54	0.07
6번	0.38	0.16
7번	0.68	0.32
8번	0.90	0.42
9번	0.92	0.25
10번	0.53	0.24
11번	0.45	0.09
12번	0.14	0.14
13번	0.73	0.10
14번	0.88	0.34
15번	0.54	-.04
16번	0.79	0.21
17번	0.70	0.39
18번	0.50	0.20
19번	0.55	0.23
20번	0.62	0.31
21번	0.92	0.42
22번	0.64	0.38

* p = 추측에 의한 보정이전 계수로서 다음과 같이 해석할 수 있다.

$p \le 0.44$ 이면 너무 어려운 문제,
$0.45 \le p \le 0.62$ 이면 적절하되 약간 어려운 문제,
$0.63 \le p \le 0.81$ 이면 적절하되 약간 쉬운 문제,
$0.82 \le p$ 이면 너무 쉬운 문제.

** r = 과목 득점과의 상관계수로서 변별도의 측도로 다음과 같이 생각될 수 있다.

$r < 0$ 이면 변별도를 해치는 문제,
$0 \le r < 0.1$ 이면 변별도가 약한 문제,
$0.1 \le r$ 이면 변별도가 좋은 문제.

주관식 17개 문항 (56점 만점)

문항	평균* m	표준편차 s	상관계수** r
1번	0.64	0.48	0.37
2번	0.80	0.40	0.36
3번	0.45	0.30	0.53
4번	0.62	0.20	0.35
5번	0.30	0.25	0.47
6번	0.49	0.35	0.52
7번	0.77	0.24	0.49
8번	0.53	0.43	0.44
9번	0.22	0.39	0.34
10번	0.87	0.26	0.52
11번	0.11	0.30	0.25
12번	0.75	0.43	0.41
13번	0.79	0.27	0.55
14번	0.58	0.37	0.35

15번	0.77	0.30	0.58
16번	0.44	0.44	0.38
17번	0.57	0.30	0.62

* m = 1점 만점으로 환산한 평균점수로 다음과 같이 해석할 수 있다.

$m \le 0.25$ 이면 너무 어려운 문제,
$0.25 < m \le 0.50$ 이면 적절하되 약간 어려운 문제,
$0.50 < m \le 0.75$ 이면 적절하되 약간 쉬운 문제,
$0.75 < m$ 이면 너무 쉬운 문제.

** r = 과목득점(해당문항 제외)과의 상관계수로서
표준편차 s와 함께 변별도의 척도로 생각될 수 있다.

$r < 0$ 이면 변별도를 해치는 문제,
$0 \le r < 0.1$ 이면 변별도가 약한 문제,
$0.1 \le r$ 이면 변별도가 좋은 문제.

해석

1) 난이도 측면

		빈도	문항 번호
너무 쉬운 문제	객관식 주관식	5문항 6문항	1, 8, 9, 14, 21 2, 7, 10, 12, 13, 15
약간 쉬운 문제	객관식 주관식	6문항 5문항	3, 7, 13, 16, 17, 22 1, 4, 8, 14, 17
약간 어려운 문제	객관식 주관식	8문항 4문항	4, 5 10, 11, 15, 18, 19, 20 3, 5, 6, 16
너무 어려운 문제	객관식 주관식	3문항 2문항	2, 6, 12 9, 11

2) 변별도 측면

		빈도	문항 번호
변별도를 해치는 문제	객관식 주관식	1문항 0문항	15
변별도가 약한 문제	객관식 주관식	3문항 0문항	2, 5, 11
변별도가 좋은 문제	객관식 주관식	18문항 17문항	1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16, 17 18, 19, 20, 21, 22 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 15, 16, 17

☞ 난이도와 변별도의 두 측면에서 모두 좋은 문항은 객관식 22문항 중 10문항(3번, 4번, 7번, 10번, 13번, 16번, 17번, 18번, 19번, 22번), 주관식 17문항 중 8문항(1번, 3번, 4번, 6번, 8번, 14번, 16번, 17번)이다.

☞ 객관식 2, 12번 정답률은 사지선다형에서의 최소기대정답률인 25%에 미달하고 있다.

문항 전체

평균 m = 59.8, 표준편차 s = 14.8.
최대,75%,50%,25%,최소 = 95, 69, 63, 54, 0; IQR = 15.
신뢰도: 전체 α = 0.84 (객관식 α = 0.59, 주관식 α = 0.82).

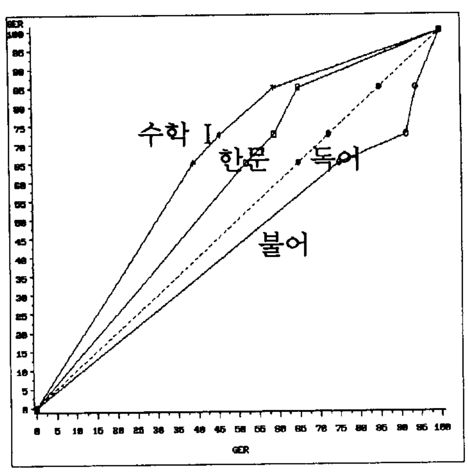
부록 B: 선택과목 등화 사례 - 제5차 모의고사의 경우 -

가. 인문계 선택과목별 점수분포 요약: 비교가능집단(내신 1-3 등급)

	자료수	평균	표준편차	최대	75%	50%	25%	최소	IQR
수학I	36	46.7	13.6	72	59	45.5	39	20	20
독어	31	72.9	16.3	94.5	85	72.5	65	21.5	20
불어	16	85.1	13.6	100	94	91.5	75	55	19
한문	26	58.5	10.7	80	65	59	52	31	13

- ▶ 독어의 난이도와 변별도가 그런대로 만족스러우므로 독어를 등화의 기준과목으로 하겠다.
- ▶ 50% 분위수(median)를 전체적 난이도의 기준으로 보면 독어에 비하여 수학I과 한문이 어려운 편이었으므로 상향조정되어야 하고, 불어가 쉬운 편이었으므로 하향조정되어야 한다.

그래프에 의한 등화식의 표현: 독어기준
(서창캠퍼스만의 선택과목인 정치경제 및 국사는 제외)



나. 자연계 선택과목별 점수분포 요약: 비교가능집단(내신 1-3 등급)

	자료수	평균	표준편차	최대	75%	50%	25%	최소	IQR
물리	47	30.7	17.1	74	38	26	17	9	21
화학	40	41.2	17.0	87.5	51	37	27	19	24
생물	10	27.7	7.3	39	34	25.5	24	15	10
지학	12	61.5	15.0	79	76	65.5	47	36.5	29

▶ 화학의 난이도가 그런대로 2위를 차지하고 있고 역시 2번째로 많은 자료수를 갖고 있으므로 화학을 등화의 기준과목으로 하겠다.

▶ 50% 분위수(median)를 전체적 난이도의 기준으로 보면 화학에 비하여 물리와 생물이 어려운 편이었으므로 상향조정되어야 하고, 지학이 쉬운 편이었으므로 하향조정되어야 한다.

그래프에 의한 등화식의 표현: 화학기준