

## 평가지표의 통계적 특성을 고려한 대학순위 결정 모형

박영선<sup>†</sup>

서경대학교 경영학부 교수

### University Ranking Model Considering the Statistical Characteristics of Indicators

Youngsun Park

Professor of Division of Business Administration, Seokyeong University

University ranking models, though they consider multiple indicators to evaluate universities, determine the overall score of each university based on their own normalization and aggregation methods. Thus, the rankings provided by such models primarily depend on actual scores of evaluation indicators, but they are also significantly affected by the normalization and aggregation methods. We examine the normalization methods of four university ranking models used in South Korea, China, and United Kingdom. We discuss a possible unintended consequence of these methods, i.e., some universities who want to improve their rankings may focus on unnecessary indicators, contrary to the evaluator's intension, due to the normalization methods. We suggest a new normalization method based on the statistical characteristics of the distribution of each evaluation indicator so that the new method can motivate the universities to move into the desirable directions intended by the evaluator.

**Keywords:** University Rankings, Normalization, Aggregation, Skewness

#### 1. 서론

국내·외적으로 대학을 평가하여 순위를 발표하는 기관은 많이 있다. 기관별로 대학을 평가하는 지표들(indicators)도 다양하고 이 지표의 중요성을 고려해 가중치를 부여하는 것도 상이하다. 지표들은 각각의 다른 척도에 따라 평가되며 이러한 척도들은 서로 단위가 다르다. 그러므로 각 지표에 따라 평가된 값을 비교 가능한 형태로 전환할 필요가 있다. 이러한 과정을 자료 정규화(data normalization)라고 하는데 그 방법 또한 다양하다. 다양한 방법으로 정규화 된 자료에 대해 가중치를 고려한 산술평균으로 대학의 종합점수를 매기고 순위를 결정한다. 이러한 이유로 기관별로 발표하는 대학순위는 서로 상이하다. 그러나 어느 기관이 발표한 대학순위가 가장 믿을만한 것인지에 대한 판단 기준은 명확하지 않다.

최근 국내에서 발표된 중앙일보 대학종합평가의 대학순위에 따라 국내 대학들은 일희일비하는 상황이 발생하고 있다. 교육부의 평가에 의해 정부재정지원 제한대학으로 선정된 대학들은 여러 측면으로 큰 충격을 받고 있다. 세계 대학을 대상으로 순위를 발표하는 THE 세계 대학평가(world university rankings), ARWU(academic ranking of world university) 등의 발표 결과도 세간의 관심을 끌고 있다. 많은 이해관계 집단들은 기관에서 발표한 대학순위가 어떤 과정으로 결정되었는지 보다는 자체의 결과에만 관심을 기울인다. 대학순위가 결정되는 과정 중에서도 특히 지표의 평가값을 정규화 하는 방법의 차이가 대학순위에 어떤 영향을 미칠 것인지에 대해 검토해 볼 필요가 있다.

본 연구의 목적은 네 개 기관의 대학평가 모형을 고찰해보고 정규화의 문제점이 무엇인지 발견하고 이것을 개선할 수

본 연구는 2013년 서경대학교 교내 학술연구비 지원으로 수행된 것임.

<sup>†</sup> 연락저자 : 박영선 교수, 136-704 서울시 성북구 정릉동 16-1 서경대학교 경영학부, Tel : 02-940-7197, Fax : 02-919-0345,

E-mail : yspark@skuniv.ac.kr

2013년 10월 29일 접수; 2013년 11월 28일 수정본 접수; 2013년 11월 28일 게재 확정.

있는 새로운 평가 모형을 개발하는 것이다. 자료의 정규화 과정에 지표의 평균, 표준편차, 최댓값, 최솟값 등의 기술통계량이 반영되고 있다. 자료의 정규화 과정에 사용되는 기술통계량은 네 개 기관이 각각 다르며 나름대로의 특징을 갖고 있다. 각 모형에서 반영하는 기술통계량은 모든 지표에 대해 확일적으로 적용된다. 그러나 평가에 사용되는 지표는 각 지표별로 분포가 다르게 나타날 수 있다. 어떤 지표의 분포는 정규분포와 근사한 좌우 대칭 형태를 가질 수 있고, 어떤 지표는 우측이나 좌측으로 꼬리가 긴 형태를 가질 수 있다. 본 연구에서는 각 지표의 통계적 특성을 고려하여 그 특성에 따라 지표의 평가값을 정규화 하는 과정을 다르게 적용하고자 한다.

평가 모형의 적용을 위해 이용한 자료는 영국 CUG(complete university guide)에서 발표한 ‘University League Table 2014’이다. 이 자료를 이용하여 네 개 기관의 대학평가 모형과 새로 개발된 평가 모형으로 대학순위를 구한다. 평가 모형을 비교하기 위해 각각 모형 간의 순위에 대한 상관계수를 구한다. 각 모형별 대학순위의 차이가 크게 발생한 몇 개 대학을 대상으로 순위 차이가 발생한 원인이 무엇인지 규명한다. 본 연구에서 개발된 평가 모형을 다른 네 가지 모형과 비교할 때 어떤 장점이 있는지 밝혀내고, 대학평가의 목적에 부합하다는 사실을 밝혀낸다.

## 2. 기존의 대학평가 모형

본 연구에서는 중앙일보의 대학종합평가, 교육부 대학구조개혁위원회의 정부재정지원 제한대학 평가, 상하이 자오퉁 대학의 ARWU, 그리고 영국 THE(times higher education)의 THE 세계 대학평가 모형을 살펴보고자 한다.

각 모형의 설명을 위해 다음과 같이 기호를 정의한다.

$A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$  : 평가 대상이 되는  $n$ 개의 대학

$B = \{B_1, B_2, \dots, B_m\}$  :  $m$ 개의 평가지표

$X = \{x_{ij}, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m\}$   
: 대학  $i$ 의 평가지표  $j$ 에 대한 평가값

$W = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$  :  $m$ 개 평가지표의 가중치

$\mu_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij}}{n}$  : 평가지표  $j$ 의 평가값의 평균,  $j = 1, 2, \dots, m$

$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \mu_j)^2}{n}}$  : 평가지표  $j$ 의 평가값의 표준편차,  
 $j = 1, 2, \dots, m$

$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \mu_j}{\sigma_j}$  : 대학  $i$ 의 평가지표  $j$ 의 표준화 값

$L_j = \text{Min}_i(x_{ij})$  : 평가지표  $j$ 의 평가 값의 최솟값

$z_j = \text{Min}_i(z_{ij})$  : 평가지표  $j$ 의 표준화 값의 최솟값

$M_j = \text{Max}_i(x_{ij})$  : 평가지표  $j$ 의 평가값의 최댓값

$\bar{z}_j = \text{Max}_i(z_{ij})$  : 평가지표  $j$ 의 표준화 값의 최댓값

### 2.1 중앙일보 대학종합평가

중앙일보는 1994년부터 2013년까지 총 20회에 걸쳐 우리나라 전국 4년제 대학을 대상으로 대학종합평가를 실시하였다. 2013년에는 100개 대학을 대상으로 교육여건(90점), 국제화(50점), 교수연구(100점), 평판도(60점) 등의 네 개 평가지표를 이용하여 300점 만점으로 평가하였다. 교육여건은 11개, 국제화는 6개, 교수연구는 7개, 그리고 평판도는 8개의 세부 평가지표로 구성돼 있고, 각 세부 평가지표의 가중치가 주어져 있다.

총 32개의 세부 평가지표에 따라 각 대학의 자료를 수집한 후, 각 세부 평가지표에 대해  $z$ 값을 구한다. 그리고 가중치 범위 안에서  $z$ 값을 선형 변환하는데 이때  $z$ 값의 평균(0)은 가중치의 중간 값을 부여하고,  $z$ 값의 최고점은 가중치 최고점,  $z$ 값의 최저점은 가중치의 최저점(0점)을 부여한다(2012년 중앙일보 대학평가 설명 자료집을 참고하였음). 이렇게 정규화 된 모든 세부 평가지표의 값을 더하여 종합점수를 부여한다. 대학  $i$ 의 평가지표  $j$ 의 평가값인  $x_{ij}$ 는  $C_{ij}$ 로 정규화 되고, 대학  $i$ 의 종합점수  $C_i$ 는 식 (1)과 같다.

$$C_{ij} = \begin{cases} \frac{z_j - z_{ij}}{z_j} \times \frac{w_j}{2}, & z_{ij} < 0 \\ \frac{z_{ij}}{z_j} + 1 \times \frac{w_j}{2}, & z_{ij} \geq 0 \end{cases}, \sum_{j=1}^m w_j = 300, C_i = \sum_{j=1}^m C_{ij} \quad (1)$$

이렇게 계산된  $C_i$ 로 대학순위를 평가하여 1위부터 40위까지는 대학 실명을 공개하고 40위 밖의 대학들은 “40위 밖”으로 표시하여 발표한다.

### 2.2 정부재정지원 제한대학 평가

교육부 대학구조개혁위원회의 정부재정지원 제한대학 평가는 2012학년도부터 2014학년도까지 실시되었다. 2014학년도 4년제 대학의 경우에는 8개 평가지표인 취업률(15%), 재학생 충원률(25%), 전임교원 확보율(10%), 교육비 환원율(12.5%), 학사관리 및 교육과정(12.5%), 장학금 지급률(10%), 등록금 부담완화(10%), 법인지표(5%)로 평가하였다.

각 지표별 평가값을  $z$ 로 변환한 후  $T$ 점수( $T_{ij} = 50 + 10 \times z_{ij}$ )를 구한다. 지표별로 획득한  $T$ 점수에 반영 가중치를 고려해 가중 산술평균(weighted arithmetic mean)을 구해 종합점수를 부여한다(Lee and Kim, 2012). 대학  $i$ 의 평가지표  $j$ 의 평가값인  $x_{ij}$ 는  $D_{ij}$ 로 정규화 되고, 대학  $i$ 의 종합점수  $D_i$ 는 식 (2)와 같다.

$$D_{ij} = \begin{cases} 80, & T_{ij} > 80 \\ 20, & T_{ij} < 20 \\ T_{ij}, & 20 \leq T_{ij} \leq 80 \end{cases}, \quad \sum_{j=1}^m w_j = 1, \quad D_i = \sum_{j=1}^m w_j D_{ij} \quad (2)$$

이렇게 계산된  $D_i$ 로 수도권과 비수도권을 통합하여 하위 10%의 대학을 선정 한 이후, 수도권과 비수도권별로 5%를 추가적으로 선정하여 정부재정지원 제한대학을 발표하고 있다.

### 2.3 ARWU

상하이 자오퉁 대학은 2003년부터 2013년까지 매년 세계 대학 학술 순위를 발표하고 있다. 사용된 평가지표는 동문의 노벨상과 필즈상 수상(10%), 노벨상과 필즈상 수상 교수(20%), 21개 분야에서 자주 인용된 연구자(20%), 네이처와 사이언스에 출판한 논문(20%), SCI와 SSCI에 출판된 논문(20%), 그리고 개인당 학업 성취도(10%)이다.

각 평가지표에 대해 최고 실적을 나타낸 대학에게 100점을 부여하고 그렇지 못한 대학은 최고 실적 대비 비율로 점수를 부여한다. 대학  $i$ 의 평가지표  $j$ 의 평가값인  $x_{ij}$ 는  $E_{ij}$ 로 정규화 되고, 대학  $i$ 의 종합점수  $E_i$ 는 식 (3)과 같다(ARWU methodology를 참고하였음).

$$E_{ij} = 100 \times \frac{x_{ij}}{M_j}, \quad \sum_{j=1}^m w_j = 1, \quad E_i = \sum_{j=1}^m w_j E_{ij} \quad (3)$$

이렇게 계산된  $E_i$ 로 1위부터 500위까지의 대학 실명을 발표한다. 1위부터 100위까지의 대학은 순위와 대학 실명을 나타내고, 나머지 대학은 101위~150위, 151위~200위, 201위~300위, 301위~400위, 401위~500위로 구분하여 대학 실명을 나타낸다.

### 2.4 The World University Rankings

타임즈 고등교육(times higher education)은 2010~2011부터 2013~2014까지 세계 대학순위를 발표하였다. 세계 연구중심 대학을 대상으로 교육(30%), 연구(30%), 연구인용(32.5%), 산업수익(2.5%), 국제화(5%) 등의 5개 평가지표를 이용한다. 교육은 5개, 연구는 3개, 국제화는 3개의 세부 평가지표로 분류되어 모두 13개 세부 평가지표를 사용한다.

대학  $i$ 의 평가지표  $j$ 의 평가값인  $x_{ij}$ 를  $z_{ij}$ 로 변환하고 이를 이용하여  $F_{ij}^b$ 를 구한다.  $F_{ij}^b$ 는  $z$ 의 확률밀도 함수를  $z_{ij}$ 까지 적분하여 구한  $z$ 의 누적확률이 된다.  $F_{ij}^b$ 의 최댓값은 100점, 나머지는 최고 점수 대비 비율에 100을 곱해  $F_{ij}$ 를 구한다 (THE WUR methodology를 참고하였음).  $F_{ij}^b$ ,  $F_{ij}$  그리고 대학  $i$ 의 종합 점수  $F_i$ 는 식 (4)와 같다.

$$F_{ij}^b = \int_{-\infty}^{z_{ij}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (4)$$

$$F_{ij} = \frac{F_{ij}^b}{\text{Max}_i(F_{ij}^b)} \times 100, \quad \sum_{j=1}^m w_j = 1, \quad F_i = \sum_{j=1}^m w_j F_{ij}$$

이렇게 계산된  $F_i$ 로 1위부터 400위까지의 대학 실명을 발표한다. 1위부터 200위까지의 대학은 순위와 대학 실명을 나타내고, 나머지 대학은 201위~225위, 226위~250위, 251위~275위, 276위~300위, 301위~350위, 351위~400위로 구분하여 대학 실명을 나타낸다.

## 3. 새로운 대학평가 모형

### 3.1 기존 정규화의 특징

평가값  $x_{ij}$ 와 정규값  $C_{ij}$ ,  $D_{ij}$ ,  $E_{ij}$ 는 구간적 선형(piecewise linear) 또는 선형 관계가 성립한다.  $C_{ij}$ 를 구하는 식 (1)에서  $w_j$ 를 100으로 가정하고  $z_{ij}$ 를  $x_{ij}$ 로 치환하면 식 (5)와 같다.

$$C_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij} - L_j}{\mu_j - L_j} \times 50 = -\frac{50L_j}{\mu_j - L_j} + \frac{50}{\mu_j - L_j} x_{ij}, & x_{ij} < \mu_j \\ \left(\frac{x_{ij} - \mu_j}{M_j - \mu_j} + 1\right) \times 50 = 50 - \frac{50\mu_j}{M_j - \mu_j} + \frac{50}{M_j - \mu_j} x_{ij}, & x_{ij} \geq \mu_j \end{cases} \quad (5)$$

$C_{ij}$ 는  $x_{ij}$ 가  $L_j$ 일 때 0이 되고  $\mu_j$ 까지 증가함에 따라 기울기  $50/(\mu_j - L_j)$ 의 선형으로 증가한다. 그리고  $x_{ij}$ 가  $\mu_j$ 일 때 50이 되고  $M_j$ 까지 증가함에 따라 기울기  $50/(M_j - \mu_j)$ 의 선형으로 증가하여  $M_j$ 가 되면 100이 된다. 그러므로  $C_{ij}$ 는  $x_{ij}$ 와 구간적 선형관계가 성립한다.  $C_{ij}$ 는  $z_{ij}$ 의 값이 아니라 기술통계량  $L_j$ ,  $M_j$ ,  $\mu_j$ 의 크기에 따라 결정된다. 이 방법의 장점은  $x_{ij}$ 의 분포에서 밀도(density)가 높은 부분의 기울기가 낮은 부분의 기울기보다 크게 되므로 더 많은 대학이  $x_{ij}$ 를 향상시키게 된다는 점이다. 단점은 모든 지표의 정규값이 최소 0에서 최대 100을 갖게 되어 지표간의 비교에서  $x_{ij}$ 의 상대적 위치인  $z_{ij}$ 가 고려되지 않는다는 점이다.

$D_{ij}$ 를 구하는 식 (2)에서  $D_{ij}$ 는 최소 20, 최대 80을 갖는다. 다른 정규값은 이론적으로 최소 0, 최대 100이 된다. 최소와 최대가 각각 0과 100이 되도록  $D_{ij}$ 에 5/3를 곱하고 100/3을 빼  $D_{ij}^a$ 를 계산하면 식 (6)과 같다.

$$D_{ij}^a = \begin{cases} 100, & x_{ij} > \mu_j + 3\sigma_j \\ 0, & x_{ij} < \mu_j - 3\sigma_j \\ 50 + \frac{50}{3} \frac{x_{ij} - \mu_j}{\sigma_j} = \left(50 - \frac{50\mu_j}{3\sigma_j}\right) + \frac{50}{3\sigma_j} x_{ij}, & \mu_j - 3\sigma_j \leq x_{ij} \leq \mu_j + 3\sigma_j \end{cases} \quad (6)$$

$D_{ij}^a$ 는  $x_{ij}$ 가  $\mu_j - 3\sigma_j$ 보다 작을 때 0이 되고  $\mu_j - 3\sigma_j$ 부터

$\mu_j + 3\sigma_j$ 까지 증가함에 따라 기울기  $50/3\sigma_j$ 의 선형으로 증가하다  $\mu_j + 3\sigma_j$ 보다 크게 되면 100이 된다. 그러므로  $D_{ij}^a$ 는  $x_{ij}$ 와 구간적 선형관계가 성립한다. 이 방법의 장점은  $x_{ij}$ 의 상대적 위치인  $z_{ij}$ 를 고려한다는 점과 이상점의 영향을 적게 받는다는 점이다. 단점은  $D_{ij}^a$ 가  $x_{ij}$ 와 선형의 관계를 갖게 된다는 점이다.

$E_{ij}$ 를 구하는 식 (3)에서  $E_{ij}$ 는  $x_{ij}$ 와 기울기  $100/M_j$ 인 선형의 관계가 성립한다. 이 방법의 장점은 복잡한 과정 없이 간단하게 적용이 가능하다는 점이다. 그러나  $x_{ij}$ 의 최솟값이 최댓값에서 차지하는 비율이 얼마나에 따라  $E_{ij}$ 의 최솟값이 결정되므로 각 지표별로 최댓값은 100이지만 최솟값은 다르게 된다. 통합하는 과정에서 이러한 최솟값의 차이가 반영된다는 것이 단점이다.

$F_{ij}^b$ 는 식 (4)와 같이  $z$ 의 누적확률로 구해진다. 이 방법의 장점은  $x_{ij}$ 가 평균과 가까울수록 정규값의 변화 폭이 커지므로 많은 수의 대학이  $x_{ij}$ 를 향상시키게 된다는 점이지만 이것이 이 방법의 단점이기도 하다. 예를 들어 전체 대학 평균과 비슷한 수준의 재학생 1인당 장학금을 지급하는 대학이 장학금을 10만 원 올리는 것이 평균과 비슷한 수준을 갖지 않은 대학이 10만 원을 올리는 것보다 높이 평가되는 문제가 발생한다. 그렇다면 평가를 받는 대학은 같은 노력을 기울여 순위를 더 많이 향상시키려면 평균과 근사한 값을 갖는 평가지표들의 평가값만을 높이는 것이 보다 효과적일 것이다.

다음과 같은 통계량을 갖는 자료를 이용하여 이러한 관계를 그림으로 나타내 보았다. 124개 대학에 대한 평가지표  $j$ 의 평가값  $x_{ij}$ 의 최댓값( $M_j$ ) 98.9, 최솟값( $L_j$ ) 62.9, 평균( $\mu_j$ ) 85.91, 표준편차( $\sigma_j$ ) 7.13인 자료로 정규값  $C_{ij}, D_{ij}^a, E_{ij}, F_{ij}$ 을 계산하여 평가값과 정규값의 관계를 <Figure 1>에 나타냈다.

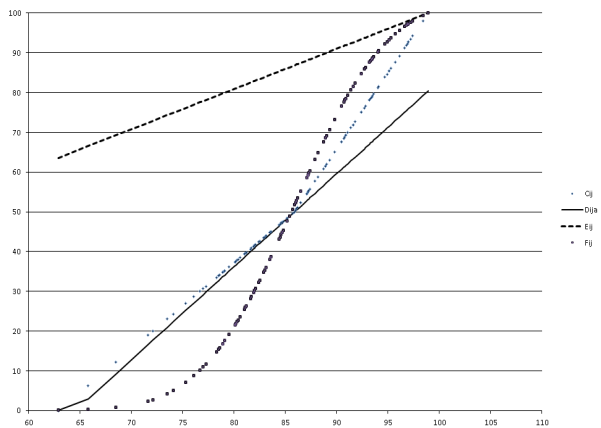


Figure 1. Normalized values,  $C_{ij}, D_{ij}^a, E_{ij}$ , and  $F_{ij}$  as a function of actual values,  $x_{ij}$

$C_{ij}$ 의 기울기는  $x_{ij}$ 가 평균보다 작을 때 2.173이고 평균보다 클 때 3.848이다.  $D_{ij}^a$ 의 기울기는  $\mu_j - 3\sigma_j < x_{ij} < \mu_j + 3\sigma_j$ 인 경우에는 2.338이고,  $x_{ij} > \mu_j + 3\sigma_j$ 인 경우나  $x_{ij} < \mu_j - 3\sigma_j$ 인

경우에는 값이 각각 100과 0으로 기울기는 0이 된다. 위의 경우  $D_{ij}^a$ 의 최솟값은 0, 최댓값은 80.38이다.  $E_{ij}$ 의 기울기는 1.011이고, 위의 경우  $E_{ij}$ 의 최솟값은 63.6, 최댓값은 100이다.  $x_{ij}$ 가 증가하더라도 다른 정규값에 비해  $E_{ij}$ 의 증가폭은 작게 된다.  $F_{ij}^b$ 는  $x_{ij}$ 가  $L_j$ 에서  $\mu_j$ 까지 커지면 볼록의 형태로 증가하고,  $\mu_j$ 에서부터  $M_j$ 까지 커지면 오목의 형태로 증가한다.

### 3.2 새로운 모형의 개발

본 연구에서는 다음과 같은 두 가지 관계를 추가적으로 도입하려고 한다. 첫 번째는 평가값( $x$ )과 정규값( $y$ )의 관계가 다음 식 (7)과 같이 볼록(convex) 관계이다.

$$y = e^{a+bx}, \quad b > 0 \tag{7}$$

$x$ 가  $x'$ 로 변하면  $y$ 는  $y'$ 로 변한다.  $\frac{y'}{y} = 1 + y$ 의 변화율 =  $\frac{e^{a+bx'}}{e^{a+bx}} = e^{b(x'-x)} \approx 1 + b(x'-x)$ 가 성립되어  $y$ 의 변화율  $\approx b(x'-x)$ 이 된다.  $y$ 는  $x$ 의 변화값에  $b$ 를 곱한 비율로 변화한다. 평가값이 1만큼 커지면 정규값은 약  $b$ 의 비율로 증가하게 된다. 그러므로 평가값이 큰 경우에는 작은 경우보다 평가값이 1만큼 증가함에 따라 정규값이 커지는 정도가 더 크게 된다. 이러한 볼록 관계는 어떤 평가지표의 평가값이 클 때가 작을 때보다 그 평가값을 높이려는 노력의 정도가 더 큰 경우에 적합하다.

두 번째는 평가값( $x$ )과 정규값( $y$ )의 관계가 다음 식 (8)과 같이 오목(concave) 관계이다.

$$y = a + b \ln(x) \tag{8}$$

$x$ 가  $x'$ 로 변하면  $\frac{y'}{y} = (1 + \frac{x'-x}{x}) = (1 + x$ 의 변화율)이 되고  $y$ 의 변화량  $y' - y$ 는  $a + b \ln(x') - a - b \ln(x) = b \ln(\frac{x'}{x}) = b \ln(1 + x$ 의 변화율)  $\approx b(x$ 의 변화율)이 된다.  $y$ 의 변화값은  $x$ 의 변화율에 약  $b$ 가 곱해진 형태이다. 평가값이 1% 증가하면 정규값은 약  $0.01b$ 만큼 증가하게 된다. 정규값이 일정한 양만큼 증가하려면 평가값이 일정한 비율로 증가해야 한다. 즉, 정규값이  $0.01b$ 만큼 커지려면 평가값  $x$ 는 1% 커져야 하므로 평가값이 큰 경우에는 작은 경우보다 평가값의 증가량이 커져야만 같은 크기로 정규값이 커진다. 이러한 오목 관계는 어떤 평가지표의 정규값을 일정한 크기로 높이려고 할 때, 평가값의 절대적 증가량 보다는 평가값의 상대적 증가율이 영향을 미치는 경우에 적합하다.

대학순위를 결정할 수 있는 많은 지표의 대학별 분포는 다양한 형태를 갖게 된다. 어떤 지표는 정규분포와 근사하게 좌

우 대칭의 형태를 갖게 되고, 또 다른 지표는 극심한 이상점이 있어 한 쪽으로 많이 기울어진 형태를 갖게 된다. 지표의 분포 형태에 따라 정규화 방법을 다르게 하는 새로운 모형을 제안한다.

첫째, 지표의 분포가 정규분포와 근사한 형태로 좌우대칭의 분포를 갖는 지표들에 대해서는 선형관계를 고려해 정규화 한다.  $x_{ij}$ 의 상대적 크기인  $z_{ij}$ 를 고려하면서 이상점의 영향을 덜 받게 되는  $D_{ij}^a$ 와 같은 방법으로 정규화 한다.

둘째, 지표의 분포가 우측으로 꼬리가 긴 형태를 따르는 지표들에 대해서는 식 (8)과 같은 오목관계를 고려해 정규화 한다.  $x_{ij}$ 의 크기가 작을 때가 클 때보다  $x_{ij}$ 의 변화에 따른 정규값의 변화가 더 크도록 정규화 한다. 예를 들어 학생 1인 당 교육비 지출과 같은 지표는 소수의 대학이 타 대학에 비해 예외적으로 큰 규모로 지출하는 경우가 있다. 지출을 적게 한 대다수의 대학들은 지출을 늘려도 정규값의 증가폭이 크지 않아 오히려 다른 지표들을 개선하려고 노력하게 된다. 이러한 결과는 대학평가의 목적에 위배되기 때문에 이러한 문제점을 해결하는 하나의 방안이 될 수 있다.

셋째, 지표의 분포가 좌측으로 꼬리가 긴 형태를 따르는 지표들에 대해서는 선형관계와 식 (7)과 같은 볼록관계를 함께 고려해 정규화 한다. 즉,  $x_{ij}$ 가 평균  $\mu_j$ 보다 작은 경우에는  $D_{ij}^a$ 와 같은 방법으로 정규화하고,  $x_{ij}$ 가 평균  $\mu_j$ 보다 큰 경우에는 식 (7)과 같은 볼록관계를 고려해 정규화 한다.  $x_{ij}$ 에 대해 볼록관계 만으로 정규화 하지 않은 이유는  $x_{ij}$ 가 낮은 대학들은 이 값을 향상시키더라도 정규값의 증가폭이 낮게 되기 때문이다. 예를 들어 교수 1인당 발표 논문의 수와 같은 지표는 연구중심의 대학과 교육중심의 대학 간의 차이가 크게 나타난다. 연구 실적이 현저하게 낮은 교육중심의 대학들은 연구 실적을 높여도 그에 대한 보상이 작으므로 연구 실적을 높이려는 노력을 할 필요가 없게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 선형과 볼록관계를 함께 고려하였다. 그렇게 함으로써 연구 실적이 낮은 교육중심의 대학이 연구 실적을 높일 수 있도록 장려하게 된다. 또한 연구 실적이 높은 연구중심의 대학은 연구 실적을 높이면 그에 대해 더 많은 보상을 할 수 있게 된다. 그러므로 연구중심의 대학과 교육중심의 대학이 모두 연구 실적을

향상시키게 되고 이러한 결과는 대학평가의 목적에 부합된다. 본 평가 모형에의 정규화 방법은 지표의 분포 형태에 따라 <Table 1>과 같이 요약된다.

### 4. 모형의 평가

#### 4.1 자료의 통계적 특성

앞에서 살펴 본 네 가지 대학평가의 원자료(raw data)는 공개되지 않고 있다. 국내 대학을 대상으로 하는 중앙일보의 대학종합평가와 교육부의 정부재정지원 제한대학 평가는 결과만 발표한다. 세계 대학을 대상으로 하는 ARWU와 THE 세계 대학평가에서 각 평가지표별 자료가 주어지지만 이것은 원자료가 아니라 정규화 된 자료이다. Decampo(2012)는 ARWU의 원자료를 재생산하는 방법을 제안하였다. 기존의 네 가지 평가 모형과 본 연구에서 구축된 평가 모형을 비교·검토하기 위해 원자료가 제공되는 ‘University League Table 2014’을 분석 대상으로 선택하였다.

영국 CUG(complete university guide)는 ‘University League Table 2014’에서 124개 대학순위를 발표하였다. 여기에서 사용한 9개 평가지표는 입학생 시험성적(entry standards), 학생만족도(student satisfaction), 연구평가(research assessment), 취업/진학 비율(graduate prospects), 교수 1인당 학생 수(student:staff ratio), 교육서비스 지출(academic services spend), 학생설비 지출(facilities spend), 우수 졸업생비율(good honors), 그리고 졸업비율(degree completion)이다. 지표의 평가값은 학생 수나 교수 수로 나누어 학교 규모에 영향을 받지 않도록 하였다. 가장치는 학생 만족도와 연구평가는 1.5, 나머지 지표에 대해서는 1을 주었다.

연구평가 지표에는 두 개 대학의 평가값이 누락되어 있는데 이렇게 누락된 값에는 연구평가의 평균값으로 대신하였다. 교수 1인당 학생 수는 그 값이 클수록 좋지 않은 지표이기 때문에 역수를 취한 후 100을 곱해 학생 100인당 교수 수(staff : 100 student ratio)로 변환하였다. 그렇게 함으로써 모든 9개 지표는 그 평가값이 클수록 좋은 평가를 받게 된다. 124개 대학의 9개

Table 1. Normalization method based on distribution types

Types of Distribution	Indicators	Normalization
Normal Distribution	$j \in J_1$	$G_{ij} = 50 + \frac{50(x_{ij} - \mu_j)}{3\sigma_j}$ , 단 $\begin{cases} G_{ij} < 0 \text{이면 } G_{ij} = 0 \\ G_{ij} > 100 \text{ 이면 } G_{ij} = 100 \end{cases}$
Skewed to the Right	$j \in J_2$	$G_{ij} = a + b \ln(x_{ij})$ , 단 $a$ 와 $b$ 는 다음 연립방정식의 해 $\begin{cases} a + b \ln(L_j) = 0 \\ a + b \ln(M_j) = 100 \end{cases}$
Skewed to the Left	$j \in J_3$	$x_{ij} < \mu_j : G_{ij} = 50 + \frac{50(x_{ij} - \mu_j)}{3\sigma_j}$ , 단 $G_{ij} < 0$ 이면 $G_{ij} = 0$ $x_{ij} \geq \mu_j : G_{ij} = e^{c + dx_{ij}}$ , $c$ 와 $d$ 는 다음 연립방정식의 해 $\begin{cases} e^{c + d\mu_j} = 50 \\ e^{c + dM_j} = 100 \end{cases}$

평가지표에 대한 기술통계량과 정규성 검정통계량인 Shapiro-Wilk을 요약하여 <Table 2>에 제시하였다.

<Table 2>에서 9개 지표 중 학생 만족도, 취업/진학 비율, 우수 졸업생비율 등은 유의수준 0.05에서 정규분포를 따른다는 귀무가설을 기각할 수 없다. 그러나 나머지 6개 지표는 유의수준 0.05에서 정규분포를 따른다는 가설을 기각할 수 있다. 이렇게 정규분포를 따르는 지표 세 개는  $J_1$  그룹에 해당된다.

정규분포를 따르지 않는 지표들 중 입학생 시험성적, 학생 100인당 교수 수, 교육서비스 지출, 학생설비 지출은 중앙값보다 평균값이 크고 우측으로 꼬리가 긴 분포(왜도 > 0)를 따른다는 것을 알 수 있다. 이 지표들의 변동계수(coefficient of variation)도 다른 지표에 비해 상대적으로 크다는 것을 알 수 있다. 또한 이 지표들은 대학의 효율성을 평가하기 위해 투입되는 요소들로 구성되어 있다는 특징도 있다(Bae, 2013). 이러한 지표들은  $J_2$  그룹에 해당된다.

정규분포를 따르지 않는 지표들 중 연구평가와 졸업 비율은 중앙값보다 평균값이 작고 좌측으로 꼬리가 긴 분포(왜도 < 0)를 따른다는 것을 알 수 있다. 이들 지표에 대해 박스-도표를 그려보면 하위 25%에 해당하는 대학들이 상위 25%에 해당하는 대학들에 비해 연구평가와 졸업 비율의 차이가 크다는 것을 알 수 있다. 또한 이 지표들은 대학의 효율성을 평가하기 위한 산출요소들로 구성되어 있다는 특징도 있다. 이러한 지표들은  $J_3$  그룹에 해당된다.

4.2 정규화

본 연구에서 구축한 평가 모형에서 각 지표들의 평가값( $x_{ij}$ )을 정규화 하는데 사용된 함수와 그 정규값( $G_{ij}$ )는 다음 <Table 3>과 같다.

$J_1$ 에 속하는 지표인 학생 만족도( $j = 2$ )  $x_{i2}$ 와  $G_{i2}$ 의 관계를

Table 2. Descriptive statistics of the nine indicators in University League Table 2014

	entry standards	student satisfaction	research assessment	graduate prospects	staff : 100student ratio	academic services spend	facilities spend	good honours	degree completion	
Index	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
minimum	213	3.74	1.08	39.4	3.04	132	67	41.9	62.9	
maximum	608	4.24	2.98	92.1	10.0	5448	1071	90.9	98.9	
median	321.0	4.01	2.24	62.40	5.38	988.0	384.5	63.00	86.05	
mean	349.7	4.00	2.23	64.18	5.71	1088.5	407.4	65.45	85.91	
standard deviation	83.65	.100	.431	11.262	1.264	554.98	176.17	10.592	7.128	
$\bar{z}_j$	3.09	2.37	1.74	2.48	3.39	7.86	3.77	2.40	1.82	
$\underline{z}_j$	-1.63	-2.63	-2.66	-2.20	-2.11	-1.72	-1.93	-2.22	-3.23	
skewness	.805	-.044	-.489	.229	1.030	4.388	1.387	.251	-.421	
coefficient of variation	0.239	0.025	0.194	0.175	0.221	0.510	0.432	0.162	0.083	
Shapiro -Wilk	statistics	.938	.989	.968	.983	.924	.670	.904	.982	.976
	significance	.000	.434	.005	.121	.000	.000	.000	.094	.026

Table 3. Normalization functions and their resulting values for the nine indicators

	entry standards	student satisfaction	research assessment	graduate prospects	staff : 100student ratio	academic services spend	facilities spend	good honours	degree completion
Group	$J_2$	$J_1$	$J_3$	$J_1$	$J_2$	$J_2$	$J_2$	$J_1$	$J_3$
Function									
$G_{ij} = f(x_{ij})$	$-511.14 + 95.34 \ln(x)$	$-616.85 + 166.581x$	$x < \mu$ $-36.13 + 38.657x$ $x \geq \mu$ $e^{1.868 + 0.922x}$	$-44.98 + 1.480x$	$-93.35 + 83.971 \ln(x)$	$-131.25 + 26.88 \ln(x)$	$-151.70 + 35.08 \ln(x)$	$-52.99 + 1.574x$	$x < \mu$ $-150.86 + 2.338x$ $x \geq \mu$ $e^{-0.671 + 0.053x}$
$f(L_j)$	0.0	6.16	5.62	13.33	0.0	0.0	0.0	12.94	0.0
$f(M_j)$	100.0	89.46	100.0	91.32	100.0	100.0	100.0	90.04	100.0
$f(\mu_j)$	47.27	50.0	50.0	50.0	52.99	56.71	65.13	50.0	50.0

그림으로 나타내면 <Figure 2>와 같다.  $x_{i2}$ 가 증가함에 따라  $G_{i2}$ 는 기울기 166.581의 선형으로 증가한다.  $L_2$ 는 3.74이고 이 대학의 경우  $G_{i2}$ 는 6.16이다.  $M_2$ 는 4.24이고 이 대학의  $G_{i2}$ 는 89.46이다.

$J_2$ 에 속하는 교육서비스 지출( $j=6$ )에 대해  $x_{i6}$ 와  $G_{i6}$ 의 관계를 그림으로 나타내면 <Figure 3>과 같다.  $x_{i6}$ 이 증가함에 따라  $G_{i6}$ 은 오목의 형태로 증가한다. 예를 들어  $x_{i6}$ 이 1,000인 대학이 1,010으로 지출을 늘리면  $G_{i6}$ 은 0.265 증가한다. 만일  $x_{i6}$ 이 2,000인 대학이 2,010으로 지출을 늘리면  $G_{i6}$ 은 0.153 증가하고, 2,020으로 지출을 늘리면 0.265 증가한다. 그러므로 같은

크기로  $G_{i6}$ 을 증가시키려면 현재 지출에서 같은 비율로 지출을 올려야 한다.

$J_3$ 에 속하는 연구평가( $j=3$ )에 대해  $x_{i3}$ 와  $G_{i3}$ 의 관계를 그림으로 나타내면 <Figure 4>와 같다.  $x_{i3}$ 는 그 값이 증가함에 따라  $\mu_3$ 까지는 선형으로,  $\mu_3$ 보다 커지면 불록의 형태로 증가한다.  $x_{i3}$ 가 1.5인 대학이 2.0으로 올리면  $G_{i3}$ 는 19.33 증가한다. 반면에  $x_{i3}$ 가 2.5인 대학이 3.0으로 올리면  $G_{i3}$ 는 37.61 증가한다. 그러므로 연구평가에서 우수한 대학이 그렇지 못한 대학에 비해 같은 크기로 연구평가를 향상시키면 더 큰 보상을 받게 된다.

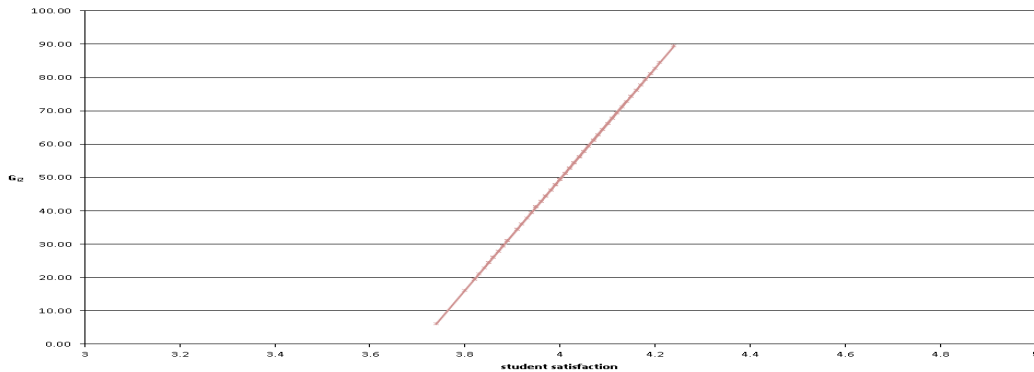


Figure 2. Student satisfaction,  $x_{i2}$  and its normalized value,  $G_{i2}$

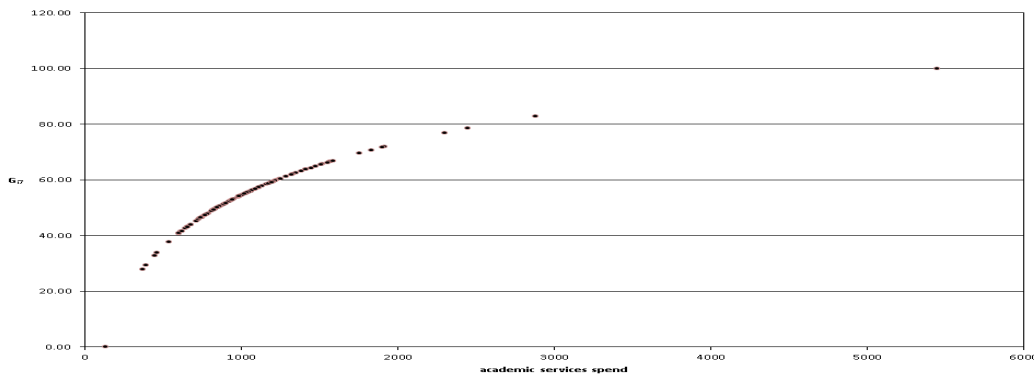


Figure 3. Academic services spend,  $x_{i6}$  and its normalized value,  $G_{i6}$

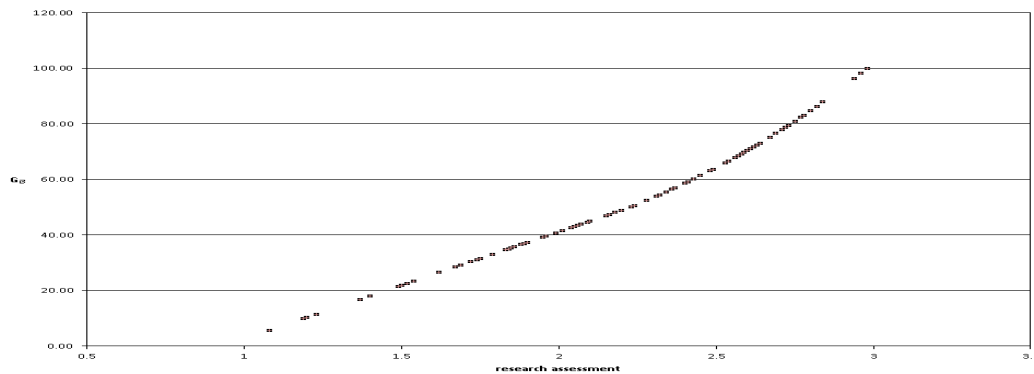


Figure 4. Research assessment,  $x_{i3}$  and its normalized value,  $G_{i3}$

4.3 평가 모형의 순위 비교

대학  $i$ 의 지표  $j$ 의 평가값( $x_{ij}$ )는 각각  $C_{ij}, D_{ij}^a, E_{ij}, F_{ij}, G_{ij}$ 로 정규화 되고, 이를 이용하여 가중치를 고려해 가중 산술평균으로 각 대학의 종합점수  $C_i, D_i^a, E_i, F_i, G_i$ 를 구한다. 이들 모형을 각각 모형 1부터 5까지로 명명한다. 이때 가중치는 학생 만족도와 연구평가에 0.15, 나머지 7개 지표에 0.1로 주었다. 모두 다섯 가지 모형을 이용하여 각 대학의 순위를 결정하였다. 다섯 가지 모형으로 구한 대학순위의 상관계수는 다음 <Table 4>와 같다.

모형 5의 대학순위는 모형 1의 대학순위와 가장 높은 상관관계를 나타냈고, 그 다음 모형 2, 모형 4, 모형 3의 순으로 상관관계가 높게 나타났다. 모형 3의 대학순위는 다른 모형을 이용한 대학순위와 상관관계가 가장 낮았다. 그 이유는  $E_{ij}$ 를 계산할 때 최댓값의 정보만 이용하였기 때문으로 판단된다. 모형 4의 상관계수도 비교적 낮게 나왔다. 모형 5의 대학순위와 모형 1~모형 4 대학순위와의 평균편차도 각각 1.23, 1.89, 6.37, 2.92로 나왔다. 모형 5의 대학순위가 모형 1, 모형 2의 대학순위와 가장 유사하게 나왔다. 모형 5가 모형 2를 개선하여 만든 것임에도 불구하고 모형 1과 순위가 가장 비슷하게 나온 이유는 모형 1, 모형 2, 모형 5는 정규분포를 따르는 지표에 대해서는 거의 비슷한 결과가 나타나기 때문이다. 또한 우측으로 꼬리가 긴 분포를 따르는 지표의 경우에도 모형 1은 평균 이하보다 이상에서의 기울기가 작게 되고 이것은 모형 5의 오목관계와도 일치한다. 왼쪽으로 꼬리가 긴 분포를 따르는 지표의 경우에도 모형 1은 평균 이상보다 이하에서의 기울기가 크게 되고 이것은 모형 5의 볼록관계와도 일치하기 때문이다.

모형별 대학순위의 차이가 어떻게 발생하였는지 살펴보기 위해 모형에 따라 순위가 크게 바뀐 두 대학을 선택하여 각 지표별 평가값,  $z$ 값, 순위, 모형별 정규값, 종합점수, 대학의 순위를 나타내면 <Table 5>와 같다.

<Table 5>에서 보듯이 Bishop Grosseteste(앞으로 Bishop으로 지칭함)는 모형 4의 81위부터 모형 3의 120위까지 차이가 발생하였다. Cardiff Metropolitan(앞으로 Cardiff로 지칭함)도 모형 3의 104위부터 모형 2와 모형 4의 113위까지 차이가 발생하였다.

Bishop는 학생 만족도, 취업/진학 비율, 졸업 비율 등 3개 지표에서 Cardiff보다 좋은 성과를 나타냈다. 반면에 입학생 시

험성적, 연구평가, 학생 100인당 교수 수, 교육서비스 지출, 학생설비 지출, 우수 졸업생 비율 등 6개 지표에서는 Cardiff가 더 좋은 성과를 나타냈다. 차이가 크게 발생한 지표인 입학생 시험성적, 학생 만족도 그리고 학생설비 지출을 통해 이러한 차이가 모형별 순위에 어떤 영향을 주었는지 파악해 보았다.

입학생 시험성적에서 Bishop은 243( $z_{ij} = -1.28$ ), Cardiff는 309( $z_{ij} = -0.49$ )로 두 대학 모두 평균보다 낮았다.  $C_{i1}$ 의 기울기가 0.37,  $D_{i1}^a$ 의 기울기가 0.2,  $E_{i1}$ 의 기울기가 0.16인 것이 두 대학의 차이에 그대로 반영되었다.

학생 만족도에서 Bishop은 4.19( $z_{ij} = 1.87$ )로 평균보다 높았고, Cardiff는 3.86( $z_{ij} = -1.43$ )으로 평균보다 낮았다. 이러한 차이로 인해 모형 4의 차이가 90.09로 가장 크게 나타났다. 학생 만족도의 최댓값은 4.24이므로 모형 3에서는 차이가 7.78( $0.33 \times 100 \div 4.24$ )로 가장 작게 나타났다. 모형 2와 모형 5에서의 기울기는 166.58이고 모형 1의 기울기보다 낮으므로 그 차이가 작게 나타났다.

학생설비 지출에서 Bishop은 67( $z_{ij} = -1.93$ ), Cardiff는 810( $z_{ij} = -0.01$ )으로 두 대학 모두 평균보다 낮았다. 이러한 차이로 인해 모형 5에서의 차이가 64.91로 가장 크게 나타났다. 반면에 모형 4에서의 차이는 46.79로 상대적으로 낮았다. 학생설비 지출의 최댓값은 1,071이므로 모형 3에서의 차이가 31.56이 나왔다. 이 지표의 분포는 우측으로 꼬리가 긴 형태이므로 모형 1에서의 차이도 비교적 큰 49.65가 나왔다. 모형 2에서는 최댓값은 100, 최솟값은 21.28이었기 때문에 모형 3보다 차이가 적게 나타났다.

세 개 지표의 가중치를 함께 고려했을 때 모형 4의 차이가 가장 크게 나타났기 때문에 Bishop과 Cardiff의 순위가 각각 81위, 114위로 가장 큰 차이를 나타냈다. Bishop의 경우 학생 만족도에서의 높은 평가가 학생설비 지출에서의 낮은 평가를 충분히 보상(compensations)해 주었기 때문에 이러한 결과가 나타났다. 반면에 모형 3에서는 그 차이가 바뀌어 두 대학의 순위가 각각 120위, 104위로 나타났다. Bishop은 Cardiff에 비해 학생 만족도에서 높은 평가를 받아 그 차이가 7.78로 높았지만, 학생설비 지출에서의 낮은 지출 때문에 31.56의 차이로 정규값이 낮아져 좋은 평가를 받은 학생 만족도에 대한 충분한 보상을 받지 못하였다. 다른 지표에 있어서도 이와 유사한 이유로 정규값의 차이가 발생하여 모형 3과 모형 4의 순위 역전

Table 4. Correlation coefficients among the university rankings of the five models

	Model 1 ( $C_i$ rank)	Model 2 ( $D_i^a$ rank)	Model 3 ( $E_i$ rank)	Model 4 ( $F_i$ rank)	Model 5 ( $G_i$ rank)
Model 1( $C_i$ rank)	1.000				
Model 2( $D_i^a$ rank)	0.998	1.000			
Model 3( $E_i$ rank)	0.965	0.967	1.000		
Model 4( $F_i$ rank)	0.993	0.995	0.956	1.000	
Model 5( $G_i$ rank)	0.999	0.996	0.967	0.991	1.000



**Table 5.** Evaluation results of the five models for Bishop and Cardiff

<i>Bishop Grosseteste</i>	Weight	$x_{ij}$	$z_{ij}$	Rank	$C_{ij}$	$D_{ij}^a$	$E_{ij}$	$F_{ij}$	$G_{ij}$
entry standards	0.1	243	-1.28	116	10.97	28.74	39.97	10.12	12.56
student satisfaction	0.15	4.19	1.87	4	89.45	81.13	98.82	97.79	81.13
research assessment	0.15	1.19	-2.41	123	4.79	9.88	39.93	0.84	9.88
graduate prospects	0.1	85.4	1.88	5	88	81.41	92.73	97.67	81.41
staff:100student ratio	0.1	3.04	-2.11	124	0	14.76	30.4	1.72	0.00
academic services spend	0.1	371	-1.29	123	12.49	28.45	6.81	9.8	27.78
facilities spend	0.1	67	-1.93	124	0	17.8	6.26	2.67	0.00
good honours	0.1	58.9	-0.62	91	36.09	39.69	64.8	27.03	39.69
degree completion	0.1	91.6	0.80	31	71.91	63.31	92.62	81.56	67.74
<i>Score</i>					36.08	41.07	54.17	37.85	36.57
<i>Rank</i>					99	91	120	81	112
<i>Cardiff Metropolitan</i>	Weight	$x_{ij}$	$z_{ij}$	Rank	$C_{ij}$	$D_{ij}^a$	$E_{ij}$	$F_{ij}$	$G_{ij}$
entry standards	0.1	309	-0.49	76	35.11	41.89	50.82	31.36	35.47
student satisfaction	0.15	3.86	-1.43	111	22.80	26.15	91.04	7.69	26.15
research assessment	0.15	1.88	-0.81	97	34.84	36.55	63.09	21.87	36.55
graduate prospects	0.1	48	-1.44	117	17.35	26.06	52.12	7.59	26.06
staff:100student ratio	0.1	4.27	-1.14	115	23.08	31.02	42.74	12.75	28.61
academic services spend	0.1	810	-0.50	96	35.44	41.64	14.87	30.79	48.77
facilities spend	0.1	405	-0.01	53	49.65	49.77	37.82	49.46	64.91
good honours	0.1	59.1	-0.60	89	36.51	40.00	65.02	27.66	40.00
degree completion	0.1	84.5	-0.20	73	46.94	46.71	85.44	43.67	46.71
<i>Score</i>					33.06	37.12	58.00	24.76	38.46
<i>Rank</i>					110	113	104	113	107

**Table 6.** Differences in normalized values of the five models between Bishop and Cardiff

	Weight	$\frac{C_{Bishop,j} - C_{Cardiff,j}}{C_{Cardiff,j}}$	$\frac{D_{Bishop,j}^a - D_{Cardiff,j}^a}{D_{Cardiff,j}^a}$	$\frac{E_{Bishop,j} - E_{Cardiff,j}}{E_{Cardiff,j}}$	$\frac{F_{Bishop,j} - F_{Cardiff,j}}{F_{Cardiff,j}}$	$\frac{G_{Bishop,j} - G_{Cardiff,j}}{G_{Cardiff,j}}$
entry standards( $j = 1, j \in J_2$ )	0.1	-24.14	-13.15	-10.86	-21.24	-22.91
student satisfaction( $j = 2, j \in J_1$ )	0.15	66.64	54.97	7.78	90.09	54.97
facilities spends( $j = 7, j \in J_2$ )	0.1	-49.65	-31.98	-31.56	-46.79	-64.91
$(C_{Bishop,1} - C_{Cardiff,1}) \times 0.1 + (C_{Bishop,2} - C_{Cardiff,2}) \times 0.15 + (C_{Bishop,8} - C_{Cardiff,8}) \times 0.1$		26.18	37.33	-30.74	67.10	-5.36

이 발생하였고 그 차이도 크게 나타났다. 그러므로 모형 3과 4는 대학평가 모형으로 사용하기에 적합하지 않다.

모형 5와 모형 1의 순위 차이가 가장 작았다. 그러나 모형 1에서는 Bishop이 99위로 Cardiff의 110위 보다 높았지만, 모형 5에서는 Bishop이 112위로 Cardiff의 107위 보다 낮게 나타났다. Bishop은 학생 만족도에서 Cardiff에 비해 높은 평가를 받아 모형 1에서 5보다 정규값의 차이가 크게 나타났다. 모형 1은 입학성 시험성과 학생설비 지출에 선형함수를 모형 5는 로그함수를 취하여 정규값으로 변환한 것이다. 두 대학의 입학성 시험성적이 평균보다 낮았지만 모형 1의 기울기가 커 모

형 5에서의 차이보다 크게 나타났지만 그 크기는 1.23으로 작았다. 그러나 학생설비 지출에서는 두 대학이 모두 평균보다 적었기 때문에 모형 5에서의 차이(64.91)가 모형 1에서의 차이(49.65)보다 크게 나타났다. 다른 지표에 있어서도 이와 유사한 이유로 정규값의 차이가 발생하여 모형 5와 모형 4의 순위 역전이 발생한 것이다.

모형 5와 모형 2에서도 같은 이유로 순위 역전이 발생하였다. 모형 1과 2의 차이는 기울기에 따라 결정된다. 입학성 시험성적에서 모형 1과 모형 2의 기울기 차이가 크게 발생하였으므로 Bishop의 순위가 모형 1보다 모형 2에서 더 높게 나타났다.

#### 4.4 평가 결과

대학평가가 좋은 평가가 되기 위해서는 다음과 같은 조건이 만족되어야 한다.

첫째, 대학평가에는 여러 가지 지표의 정규값이 통합되고 있으므로 각 지표의 상대적 비교가 가능하도록 정규화해야 한다. 예를 들어 대학을 평가하는 지표가 취업률과 장학금 지급률의 두 가지만 있고 각각의 가중치가 50%씩 주어졌다고 가정했을 때, 대학 A의 취업률이 58%이고 장학금 지급률이 10%인 대학이, 취업률이 60%이고 장학금 지급률이 6%인 대학 B보다 절대적 값을 비교하여 우수하다고 판정할 수 없다. 왜냐하면 취업률 58%와 60%는 백분위 순위로 각각 30%와 40%이고, 장학금 지급률 10%와 6%는 백분위 순위로 각각 80%와 76%라면 대학 A의 평균 백분위 순위는 55%이고 대학 B의 평균 백분위 순위는 58%로 대학 A보다 우수하다고 볼 수 있기 때문이다. 상대적 비교를 가능하게 하는 정규화 과정에도 각 지표에 대한 모든 대학의 정보가 충분히 이용되는 것이 바람직하다고 볼 수 있다.

둘째, 각 지표의 평가값의 변화에 따른 정규값의 변화 정도가 정당성이 있어야 한다. 대학평가의 목적은 단순히 대학순위를 매기는 것이 아니라 이러한 결과에 따라 대학들이 평가 지표를 균형 있게 향상시키는 노력을 기울이게 촉진하여 전체적인 대학의 질을 향상시키는 것이다. 대학평가의 정당성이란 이러한 목적에 부합되어야 한다. 만일 대학이 순위를 높이기 위하여 적은 노력으로 순위를 높일 수 있는 지표만을 향상시키려 한다면 이는 대학평가의 목적에 부합되지 않는 것이다.

첫 번째 조건으로 판단했을 때 모형 1과 모형 3은 바람직하다고 볼 수 없다. 왜냐하면 모형 1은 평균, 최댓값, 최솟값의 통계량만을 이용하여 정규화 하였고, 모형 3은 최댓값만을 이용하여 정규화 하였기 때문에 자료가 갖고 있는 통계적 속성을 충분히 활용하지 못하였기 때문이다. 반면에 모형 2와 모형 4는 평균과 표준편차를 이용하였기 때문에 첫 번째 조건이 어느 정도 만족되었다고 볼 수 있다.

두 번째 조건으로 판단했을 때 모형 4는 지표 중에 평균에 가까운 평가값을 갖는 지표가 평균과 많이 떨어진 평가값을 갖는 지표에 비해 평가값의 변화에 따른 정규값의 변화 폭이 커지게 된다. 그렇게 되면 대학은 적은 노력으로 많은 순위를 올리기 위해 평균에 가까운 평가값을 갖는 지표에 대해서만 향상시키려는 노력을 기울이게 된다. 그러므로 모형 4는 두 번째 조건을 만족시키지 못 한다고 판단할 수 있다.

이러한 이유로 본 연구에서는 네 가지 모형 중 모형 2가 좋은 평가의 두 가지 조건을 가장 잘 만족한다고 판단하였고, 모형 2의 단점을 개선할 수 있는 방법을 개발하였다.

본 연구에서 개발한 평가 모형이 갖고 있는 장점을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 지표의 분포 형태에 따라 다른 정규화 방법을 적용하였다. 기존의 대학 평가 모형은 모든 지표에 대해 획일적으로 같은 정규화 방법을 사용하였다.

둘째, 지표의 통계량을 다양하게 적용하였다. 기존의 모형에서 사용한 평균, 표준편차, 최댓값, 최솟값 등을 모두 고려하여 정규화 하였다.

셋째, 좋은 평가의 두 가지 조건을 만족하는 모형 2의 장점을 살리고, 모형 2가 갖고 있는 단점을 개선하여 개발하였다.

넷째, 대학평가의 목적은 전체 대학이 모든 지표에 대해 평가값을 향상시키는 것이다. 본 연구의 모형은 이와 같은 평가 목적을 달성할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 5. 결론

본 논문에서는 대학평가에 많이 사용하는 네 가지 평가 모형의 정규화 방법을 살펴보았다. 네 가지 평가 모형의 정규화 방법이 갖고 있는 문제점을 발견하고 이를 개선할 수 있는 새로운 평가 모형으로 지표의 통계적 특성에 따라 각기 다른 정규화 방법을 적용하는 방법을 개발하였다. 개발한 평가 모형 5는 모형 2가 갖고 있는 장점을 활용하고 모형 2의 단점인 평가값과 정규값의 선형 관계를 개선하여 오목 및 볼록 관계를 도입하여 개발한 것이다. 모형 5는 지표의 분포형태에 따라 정규분포인 경우에는 모형 2의 선형관계를, 우측으로 꼬리가 긴 분포의 경우에는 오목관계를, 좌측으로 꼬리가 긴 분포의 경우에는 평균 이하에서 모형 2의 선형관계를, 평균 이상에서는 볼록관계를 함께 고려하였다.

새로운 평가 모형의 적용을 위해서 CUG의 'University League Table 2014' 자료를 이용하였다. 이 자료를 통해 기존의 네 가지 평가 모형과 새로운 평가 모형으로 대학순위를 결정하였다. 다섯 가지 모형으로 결정된 순위들 간의 상관계수를 구해본 결과, 새로운 평가 모형 5와 모형 1의 순위에 대한 상관계수가 가장 높았고, 그 다음으로 모형 2와 상관성이 높았다. 모형 5와 각각의 네 가지 모형과의 순위 차이에 대한 평균편차에서도 모형 1이 가장 적었고, 그 다음으로 모형 2가 적었다. 모형 5는 정규분포를 따르는 지표에 대해서 모형 1과 비슷한 결과를 나타내고, 좌측이나 우측으로 꼬리가 긴 분포를 따르는 경우에도 오목과 볼록관계를 도입하였기 때문에 모형 1과 가장 비슷한 순위를 나타냈다. 이러한 사례를 통해 분석한 연구결과는 개발한 평가 모형이 대학 평가의 목적에도 잘 부합된다는 사실을 확인할 수 있었다.

본 연구에서 개발한 평가 모형을 국내 대학의 자료에 적용하여 대학순위를 결정하고 그 결과에 대해 심도 있는 토의와 연구가 이루어지지 못한 것은 아쉬움으로 남는다. 대학 정보 공시제도에 의해 대학의 많은 자료가 공개되고 있으나 국내 대학 자료로 분석을 하지 못한 이유는 어떤 지표를 선택해서 대학을 평가할 지에 대한 문제는 본 연구의 범위를 벗어났기 때문이다. 정부재정지원 제한대학을 선정할 때 지표와 가중치가 주어졌지만 그 연구결과 자체가 너무 예민한 것이고 정부의 발표결과와 다른 결과가 나타날 수도 있어 국내 대학 자

료를 이용한 분석을 피하였다.

투입요소가 얼마나 효율적으로 운영되어 산출요소에 영향을 주었는지 파악할 수 있는 DEA(data envelopment analysis)는 기관 운영의 효율성을 평가하고 제고하는 데 적합한 분석 방법이다(Jeon and Lee, 2011, Park *et al.*, 2011). 학생이 계속적으로 줄어드는 추세에 대비해 DEA를 통해 대학 스스로 자기 대학의 운영 효율성을 평가하고 개선해 나가는 노력도 필요할 것으로 판단된다. 또한 대학 구조조정으로 인하여 문을 닫아야 하는 대학도 많이 발생할 것으로 예상된다. 퇴출되는 대학과 그렇지 않은 대학이 어떤 지표에서 차이가 나는지에 대한 분석을 위해 다양한 기법들이 활용되고 연구되어야 할 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- ARWU(Academic Ranking of World University) Methodology, <http://www.shanghairanking.com/ARWU-Methodology-2013.html>.
- Bae, J. H. (2013), Efficiency Comparison and Performance Targets for Academic Departments in the Local Private College Using DEA, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, **39**(4), 298-312.
- CUG(Complete University Guide), University League Table 2014, <http://www.thecompleteuniversityguide.co.uk/league-tables/rankings>.
- Decampo, D. (2012), Adjusted Sum of Institutional Scores as an Indicator of the Presence of University Systems in the ARWU Ranking, *Scientometrics*, **90**(2), 701-713.
- Jeon, S. and Lee, C. (2011), Measure the Productivity of Airports in Korea Considering Environment Factor : An Application of DEA, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, **37**(4), 350-357.
- Joongang Ilbo Korean University Ranking, 2012 Handbook, [http://univ.joongang.co.kr/customer/pds\\_view.asp?pg=1&ps=10&pb=10&sf=0&sw=&tf=&sm=&cf=0&sc=&ix=61&ht](http://univ.joongang.co.kr/customer/pds_view.asp?pg=1&ps=10&pb=10&sf=0&sw=&tf=&sm=&cf=0&sc=&ix=61&ht).
- Lee, Y. and Kim, J. Y. (2012), *A Study on the Evaluation Methods of Selecting Universities Having Restricted Government Subsidy in 2013 Academic Year*, Ministry of Education.
- Park, J., Bae, H., and Lim S. (2011), Multi-Criteria ABC Inventory Classification Using the Cross-Efficiency Method in DEA, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, **37**(4), 358-366.
- The World University Rankings Methodology, <http://www.timeshighereducation.co.uk/world-university-rankings/2013-14/world-ranking/methodology>.